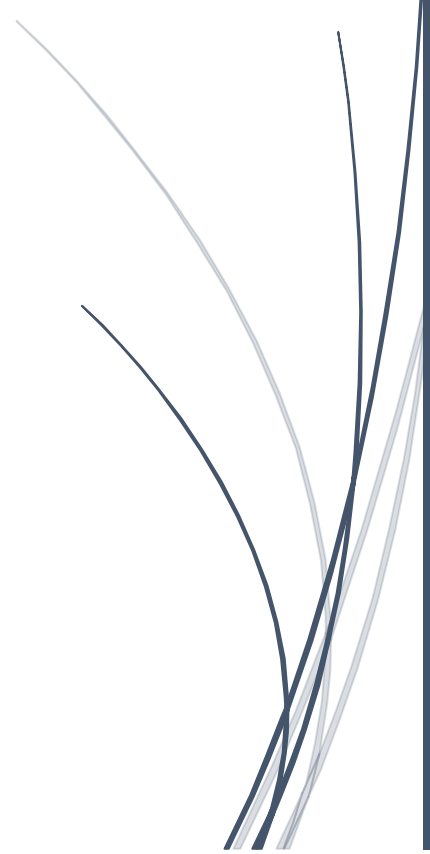


PLAN MAESTRO PARA EL SECTOR HÍDRICO DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN

Informe 5

Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

2025



Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

1. INTRODUCCIÓN	6
2. RESUMEN EJECUTIVO	7
3. OBJETIVO DEL INFORME	8
4. RESUMEN DE LOS DÉFICITS EN LA SITUACIÓN ACTUAL	9
4.1. RESUMEN DE LA OFERTA SOSTENIBLE	9
4.2. BALANCE RÍO SAN JUAN + CALINGASTA	13
4.3 JÁCHAL + IGLESIA.....	14
4.4 VALLE FÉRTIL	14
5. ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE LAS EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS	15
6. EVALUACIÓN DE COSTOS PARA OBRAS DE MEJORAS	17
6.1 INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN	17
6.2 OBRAS DE CONDUCCIÓN	19
6.3 TECNIFICACIÓN DEL RIEGO	22
6.4 AGREGACIÓN DE COSTOS EN REDES.....	24
6.5 COSTOS DE REFERENCIA PARA LA APLICACIÓN DE RIEGOS POR GOTEO COMUNITARIOS.....	24
6.5 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN – RED URBANA	26
7. ALTERNATIVAS PARA ELIMINAR EL DÉFICIT PROYECTADO	29
7.1. INTRODUCCIÓN	29
7.2. CUENCA DEL RÍO SAN JUAN - CALINGASTA, TULUM VALLE, ULLUM Y ZONDA	30
7.3. ALTERNATIVA 1 - MEJORA LA EFICIENCIA DE LA CONDUCCIÓN.	31
7.4. ALTERNATIVA 2 – MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LA APLICACIÓN	35
7.5. ALTERNATIVA 3 – MEJORA DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN Y APLICACIÓN.	39
7.6. ALTERNATIVA C - UTILIZAR AGUA TRATADA PARA RIEGO.....	44
7.7. RESUMEN DE ALTERNATIVAS.....	45
8. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	47
8.1. CONCLUSIONES SOBRE LOS RESULTADOS	47
8.2. COMENTARIOS GENERALES	49
VOLÚMENES ASIGNADOS Y DÉFICIT PROYECTADO	49
9. APÉNDICES	51

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

LISTA DE TABLAS

TABLA 4-1: NIVEL DE ABASTECIMIENTO, ABASTECIMIENTO PROMEDIO Y DÉFICIT PROMEDIO EN LA CUENCA DEL RÍO SAN JUAN PARA NIVELES DE CONFIABILIDAD DEL 90 Y 80% (2020, 2030, 2040 Y 2050). CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO, 1.358 MM ³ .	11
TABLA 4-2: NIVEL DE ABASTECIMIENTO, ABASTECIMIENTO PROMEDIO Y DÉFICIT PROMEDIO EN LA CUENCA DEL RÍO JÁCHAL-IGLESIA PARA NIVELES DE CONFIABILIDAD DEL 90 Y 80% (2020, 2030, 2040 Y 2050), 192 MM ³ .	13
TABLA 4-3: RIO SAN JUAN - RESUMEN DE LOS DÉFICITS EN LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECTADOS	13
TABLA 4-4: JÁCHAL E IGLESIA - RESUMEN DE LOS DÉFICITS EN LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECTADOS	14
TABLA 4-5: VALLE FÉRTIL - RESUMEN DE LOS DÉFICITS EN LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECTADOS	14
TABLA 5-1: CATEGORÍAS DE TAMAÑO	15
TABLA 5-2: SUPERFICIE CON DERECHOS, DIVIDIDA EN CATEGORÍAS POR TAMAÑO (CATEGORÍA N°1)	15
TABLA 5-3: SUPERFICIE CULTIVADA, DIVIDIDA EN CATEGORÍAS POR TAMAÑO (CATEGORÍA N°1)	16
TABLA 5-4: SUPERFICIE CON DERECHOS, DIVIDIDA EN CATEGORÍAS POR TAMAÑO (CATEGORÍA N°2)	16
TABLA 5-5: SUPERFICIE CULTIVADA, DIVIDIDA EN CATEGORÍAS POR TAMAÑO (CATEGORÍA N°2)	16
TABLA 6-1: ESTRUCTURA DE COSTOS ESTIMADOS PARA LA INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN.	18
TABLA 6-2: COSTO ESTIMADO DE IMPLEMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO EN US\$ POR DEPARTAMENTO.	19
TABLA 6-3: COMPONENTES DE CONSTRUCCIÓN DEL CANAL	20
TABLA 6-4: RESUMEN DE LOS COSTOS DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN PARA CANALES DE HORMIGÓN.	20
TABLA 6-5: RESUMEN DE LOS COSTOS DE MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN PARA TUBERÍAS DE PVC Y PRFV.	21
TABLA 6-6: INVERSIONES NECESARIAS PARA PASAR UN RIEGO POR GRAVEDAD Y MANGAS A UN RIEGO POR GOTEO COMUNITARIO	25
TABLA 6-7: INVERSIONES NECESARIAS PARA PASAR UN RIEGO POR GOTEO INDIVIDUAL A UN RIEGO POR GOTEO COMUNITARIO	26
TABLA 6-8: ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE INVERSIÓN EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.	28
TABLA 7-1: INVERSIONES EN EL SISTEMA POBLACIONAL	31
TABLA 7-2: ALTERNATIVA 1 -INSTALACIONES SUGERIDAS	33
TABLA 7-3: ALTERNATIVA 1 –INVERSIONES	33
TABLA 7-4: ALTERNATIVA 1 –COSTO ANUAL	33
TABLA 7-5: ALTERNATIVA 1.A -BALANCE HÍDRICO	34
TABLA 7-6: ALTERNATIVA 1.B - BALANCE HÍDRICO	34
TABLA 7-7: ALTERNATIVA 2.A -INSTALACIONES SUGERIDAS	37
TABLA 7-8: ALTERNATIVA 2 –INVERSIONES	37
TABLA 7-9: ALTERNATIVA 2 –COSTO ANUAL	37
TABLA 7-10: ALTERNATIVA 2.A -BALANCE HÍDRICO	38
TABLA 7-11: ALTERNATIVA 2.B -BALANCE HÍDRICO	39
TABLA 7-12: ALTERNATIVA 3.A -INSTALACIONES SUGERIDAS	41

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

TABLA 7-13: ALTERNATIVA 3.A –INVERSIONES	41
TABLA 7-14: ALTERNATIVA 3.A –COSTO ANUAL	41
TABLA 7-15: ALTERNATIVA 3.A -BALANCE HÍDRICO	42
TABLA 7-16: ALTERNATIVA 3.B -BALANCE HÍDRICO	43
TABLA 7-17: VOLUMEN POTENCIAL DE AGUA TRATADA (HM ³)	44
TABLA 7-18: HECTÁREAS POTENCIALES PARA RIEGO CON AGUA TRATADA (HA)	45
TABLA 7-19: RESUMEN DE ALTERNATIVAS DE INVERSIÓN.	45
TABLA 8-1: EFICIENCIA DEL 50%. EXPANSIÓN DE ÁREA DE CULTIVO.	48
TABLA 8-2: EFICIENCIA DEL 85%. EXPANSIÓN DE ÁREA DE CULTIVO.	48

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 4-1: RÍO SAN JUAN VARIACIÓN DE, (A) PROBABILIDAD DE ABASTECIMIENTO, (B) ABASTECIMIENTO PROMEDIO Y (C) DÉFICIT PROMEDIO, PARA DISTINTOS NIVELES DE ABASTECIMIENTO Y CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO FIJA (1.358 MM ³) PARA 2020, 2030, 2040 Y 2050.....	11
FIGURA 4-2: RÍO JÁCHAL-IGLESIA VARIACIÓN DE, (A) PROBABILIDAD DE ABASTECIMIENTO, (B) ABASTECIMIENTO PROMEDIO Y (C) DÉFICIT PROMEDIO, PARA DISTINTOS NIVELES DE ABASTECIMIENTO Y CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO FIJA (192 MM ³) PARA 2020, 2030, 2040 Y 2050.	12
FIGURA 6-1: COSTO CANALIZACIONES ABIERTAS.....	21
FIGURA 6-2: COSTO CANALIZACIONES CERRADAS Y CAUDAL.....	22
FIGURA 6-3: COSTO CANALIZACIONES CERRADAS POR DIÁMETRO.....	22
FIGURA 7-1: PROYECCIÓN DE LA DEMANDA POBLACIONAL. SITUACIÓN TENDENCIAL Y CON MEJORAS	30

LISTA DE APÉNDICES

APÉNDICE NO.1: CANALIZACIONES ABIERTAS (Q = 50 L/S).....	51
APÉNDICE NO.2: CANALIZACIONES ABIERTAS (Q = 100 L/S).....	51
APÉNDICE NO.3: CANALIZACIONES ABIERTAS (Q = 150 L/S).....	52
APÉNDICE NO.4: CANALIZACIONES ABIERTAS (Q = 700 L/S).....	52
APÉNDICE NO.5: CANALIZACIONES ABIERTAS (Q = 2 M ³ /S).....	53
APÉNDICE NO.6: CANALIZACIONES ABIERTAS (Q = 4 M ³ /S).....	53
APÉNDICE NO.7: CANALIZACIONES ABIERTAS (Q = 7 M ³ /S).....	54
APÉNDICE NO.8: CANALIZACIONES ABIERTAS - RED PRIMARIA (Q = 15 M ³ /S).....	54
APÉNDICE NO.9: CANALIZACIONES ABIERTAS (Q = 30 M ³ /S).....	55
APÉNDICE NO.10: COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 10 L/S.....	55
APÉNDICE NO.11: COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 20 L/S.....	56
APÉNDICE NO.12: COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 50 L/S.....	56
APÉNDICE NO.13: COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 150 L/S.....	56

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

APÉNDICE NO.14:	COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 370 L/S.....	57
APÉNDICE NO.15:	COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 500 L/S.....	57
APÉNDICE NO.16:	COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 700 L/S.....	57
APÉNDICE NO.17:	COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN TUBERÍA DE 1000 L/S.....	58
APÉNDICE NO.18:	COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN TUBERÍA DE 2150 L/S.....	58

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

1. INTRODUCCIÓN.

En el siguiente informe se desarrollan una serie de alternativas que buscan eliminar el déficit hídrico proyectado en la provincia de San Juan.

El déficit hídrico fue calculado en el Informe N° 4, y es el resultado del balance entre la demanda proyectada (Informe N° 3) y la oferta sustentable proyectada (Informe N° 2 e Informe N° 4).

Se evaluaron tres alternativas:

I. Mejorar la eficiencia de la conducción de sistema mediante la impermeabilización del mismo a través de canales de hormigón, disminuyendo las pérdidas en un 20 %.

II. Mejorar la eficiencia de la aplicación mediante la instalación de equipos de riego por goteo y reduciendo las pérdidas de agua en un 60%.

III. Mejorar la eficiencia tanto en la conducción como en la aplicación.

El análisis prospectivo de la disponibilidad de agua hacia el año 2050 muestra una reducción del 40% por efectos del cambio climático, aplicando las alternativas analizadas se podrían reducir los déficits proyectados, pero aún en la cuenca del Río San Juan un déficit equivale a alrededor de 27.000 hectáreas, lo que lleva a dos opciones: reducir la oferta a repartir o reducir la superficie cultivada.

La Provincia definirá la alternativa más adecuada; esta alternativa será analizada en profundidad en el Informe N° 6- Informe Final.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

2. RESUMEN EJECUTIVO.

Partiendo de la estimación de las demandas hídricas de los diversos sectores de las cuencas bajo estudio, la evaluación de la oferta hídrica sostenible y la proyección de la demanda hídrica con sus respectivos déficits potenciales a futuro se procede a desarrollar alternativas de inversión que busquen su reducción.

El presente informe tiene por objeto la evaluación de diferentes alternativas de inversión que permitan la reducción del déficit hídrico actual y proyectado.

Para la evaluación de los costos de las obras, se consideran los costos de conducciones abiertas y cerradas, para los niveles primario, secundario y terciario de la red; costos de la aplicación de riegos tecnificados en las propiedades, la energía necesaria para el funcionamiento del sistema.

En lo que respecta al agua potable se presenta un estado de situación del sistema, las demandas actuales y pérdidas del sistema, la estimación de los costos de inversión.

Cada alternativa de mejora de la eficiencia de uso del agua contempla un nivel de inversión en la red de agua potable con el fin de estimar su impacto del monto de inversión como del volumen disponible para destinar a otros usos.

Las alternativas analizadas contemplan tres niveles de inversión: un primer nivel de mejora de la conducción, un segundo nivel de mejoras en la eficiencia de aplicación y un tercer nivel donde se produce una mejora generalizada tanto de la conducción y aplicación. Se estima un nivel mínimo de inversiones para lograr la reducción del déficit.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

3. OBJETIVO DEL INFORME.

EL objetivo del Informe es establecer una serie de alternativas para eliminar o reducir el déficit hídrico en la provincia de San Juan. Los costos de inversión se abordan a través de alternativas donde las mejoras a nivel de conducción están en función de la longitud de canales revestidos y las mejoras en la aplicación, en función de la cantidad de hectáreas donde es necesario la aplicación de un riego tecnificado.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

4. RESUMEN DE LOS DÉFICITS EN LA SITUACIÓN ACTUAL

La provincia de San Juan se divide en tres cuencas hidrológicas principales:

- I. Río San Juan: incluye Calingasta y los departamentos de Valle de Tulum, Ullum y Zonda.
- II. Río Jáchal: incluye Jáchal e Iglesia.
- III. Río del Valle: incluye Valle Fértil.

El déficit proyectado está calculado según la Oferta Sostenible, no significa que fuera el déficit real de años anteriores ya que no necesariamente se proporcionó un volumen sostenible.

El déficit se presenta para un nivel de confiabilidad del 80%.

4.1. RESUMEN DE LA OFERTA SOSTENIBLE

La metodología utilizada para calcular niveles de abastecimiento sostenibles de agua en la cuenca del río San Juan y el río Jáchal, considera el contexto de variabilidad hidrológica, cambios proyectados debido al cambio climático y el nivel de almacenamiento en cada cuenca. Para cada valor de abastecimiento se establece un nivel de confiabilidad.

El concepto de confiabilidad se establece como la cantidad de años dentro de una década en los que se puede cumplir el nivel de abastecimiento propuesto. Por ejemplo, si en 2 años de una década no se logra el nivel propuesto, la confiabilidad es del 80%. En la medida que la capacidad de almacenamiento permite regular los excedentes en años con mayores caudales, la confiabilidad puede incrementarse para los años de escasez.

Se simulan múltiples escenarios para evaluar el comportamiento de los niveles de abastecimiento frente a diferentes sucesiones de años dentro de una década. Esto incluye suposiciones iniciales, como comenzar con reservorios a mitad de su capacidad y calcular la posibilidad de cumplir el nivel de abastecimiento a lo largo de una década, almacenando excedentes cuando sea posible.

Se realizan dos tipos de simulaciones:

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

- **Capacidad de almacenamiento fija con niveles de abastecimiento variables:** Aquí se analiza cómo diferentes niveles de abastecimiento afectan la confiabilidad, manteniendo constante la capacidad de almacenamiento actual.
- **Nivel de abastecimiento fijo con capacidad de almacenamiento variable:** Se examina cómo un nivel de abastecimiento constante se ve afectado al cambiar la capacidad de almacenamiento.

Estos análisis producen parámetros operacionales clave, como la probabilidad de abastecimiento, el promedio anual abastecido y el déficit promedio anual, todo basado en proyecciones del agua disponible futura en la cuenca.

RÍO SAN JUAN

En la cuenca del río San Juan, la oferta sostenible se estima considerando la capacidad de almacenamiento actual del sistema, unos 1.358 hm³. Se analiza, cómo, el nivel de abastecimiento se ve influenciado por una sucesión de derrames del río. Esto permite proyectar cuánta agua estará disponible año tras año, definiendo diferentes niveles de confiabilidad para cada década. Se observa una disminución progresiva en los caudales anuales de los ríos San Juan y Jáchal. Las proyecciones indican que el agua disponible total disminuirá, con reducciones significativas del 12%, 30% y 43% para 2030, 2040 y 2050, respectivamente.

Los cálculos para el nivel de abastecimiento sostenible en la cuenca del río San Juan se presentan en dos etapas. La primera etapa simula la capacidad de almacenamiento actual de 1.358 Mm³, variando el nivel de abastecimiento entre 500 y 2.000 Mm³ anuales. Los resultados muestran cómo la probabilidad de abastecimiento, el promedio abastecido y el déficit varían con cada nivel de abastecimiento y para diferentes décadas. En la segunda etapa, se simula un aumento gradual en la capacidad de almacenamiento hasta 1.800 Mm³, mostrando que, aunque la confiabilidad mejora (superando el 93%), el nivel de abastecimiento promedio no aumenta de manera significativa.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

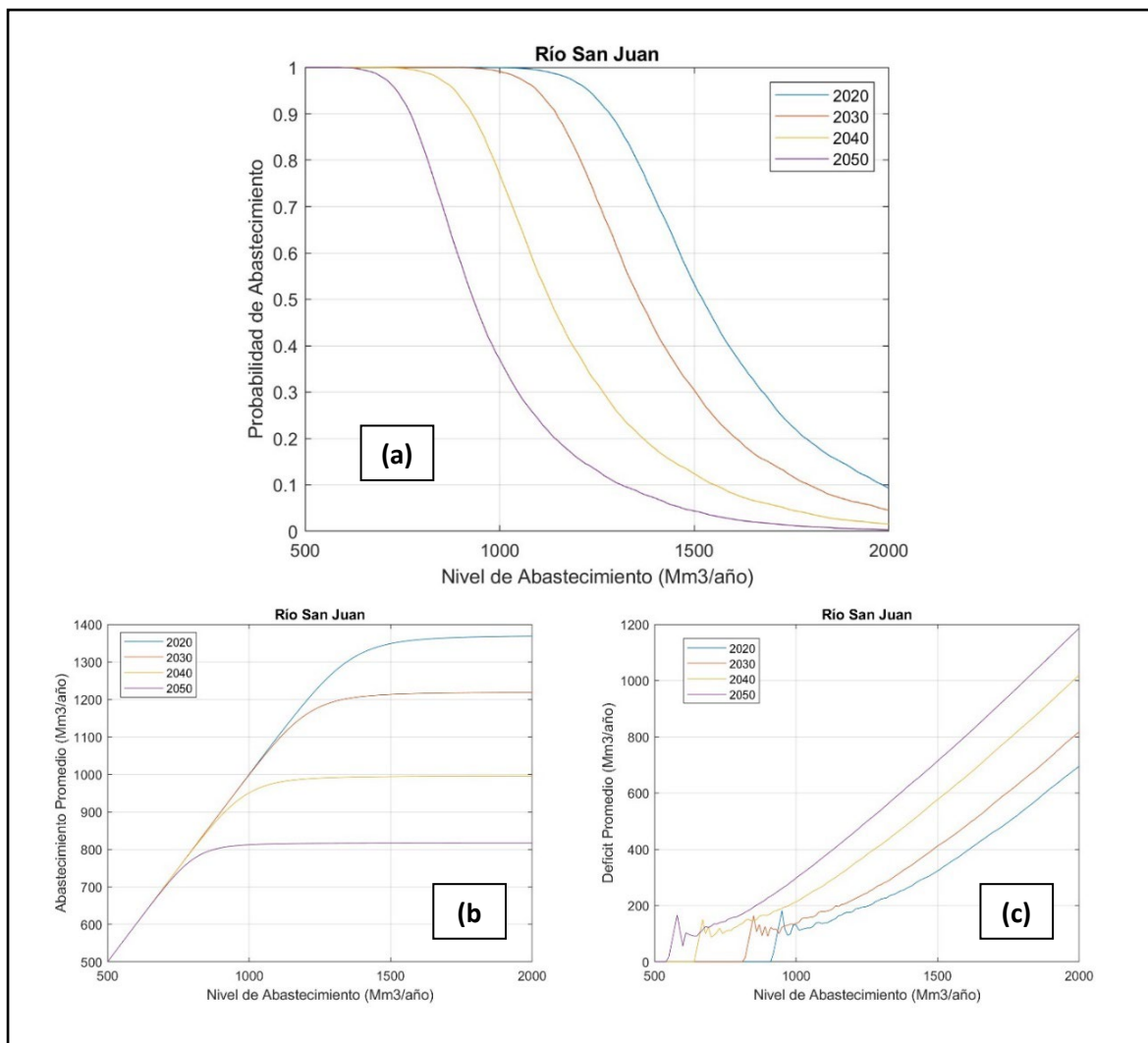


Figura 4-1: Río San Juan variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento, (b) Abastecimiento Promedio y (c) Déficit Promedio, para distintos Niveles de Abastecimiento y Capacidad de Almacenamiento Fija (1.358 Mm^3) para 2020, 2030, 2040 y 2050.

Tabla 4-1: Nivel de Abastecimiento, Abastecimiento Promedio y Déficit Promedio en la cuenca del Río San Juan para Niveles de confiabilidad del 90 y 80% (2020, 2030, 2040 y 2050). Capacidad de Almacenamiento, 1.358 Mm^3 .

<u>Nivel de Confiabilidad</u>	<u>90%</u>				<u>80%</u>			
<u>Década</u>	<u>2020¹</u>	<u>2030</u>	<u>2040</u>	<u>2050</u>	<u>2020</u>	<u>2030</u>	<u>2040</u>	<u>2050</u>
Nivel de Abastecimiento (Hm^3)	1.280	1.150	930	770	1.350	1.210	990	810
Abastecimiento Promedio (Hm^3)	1.259	1.129	911	755	1.303	1.164	946	778
Déficit Promedio (Hm^3)	215	197	182	156	242	225	209	170

¹ el valor no representa el abastecimiento que fue realizado durante los últimos años, sino cual hubiera sido el nivel de abastecimiento constante sostenible.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

RÍO JÁCHAL

En la cuenca del río Jáchal-Iglesia, la oferta sostenible se estima considerando la capacidad de almacenamiento actual del sistema, unos 192 hm³. Esto permite proyectar cuánta agua estará disponible en las décadas futuras, definiendo diferentes niveles de confiabilidad. Por ejemplo, si el nivel de abastecimiento se fija en 340 hm³, habrá años en los que no se pueda alcanzar este nivel, especialmente hacia las décadas de 2040-2050, donde la confiabilidad, o la probabilidad de cumplir con este nivel en cada década, disminuyen significativamente.

Las proyecciones indican que el agua disponible total disminuirá, con reducciones significativas para las décadas de 2030, 2040 y 2050.

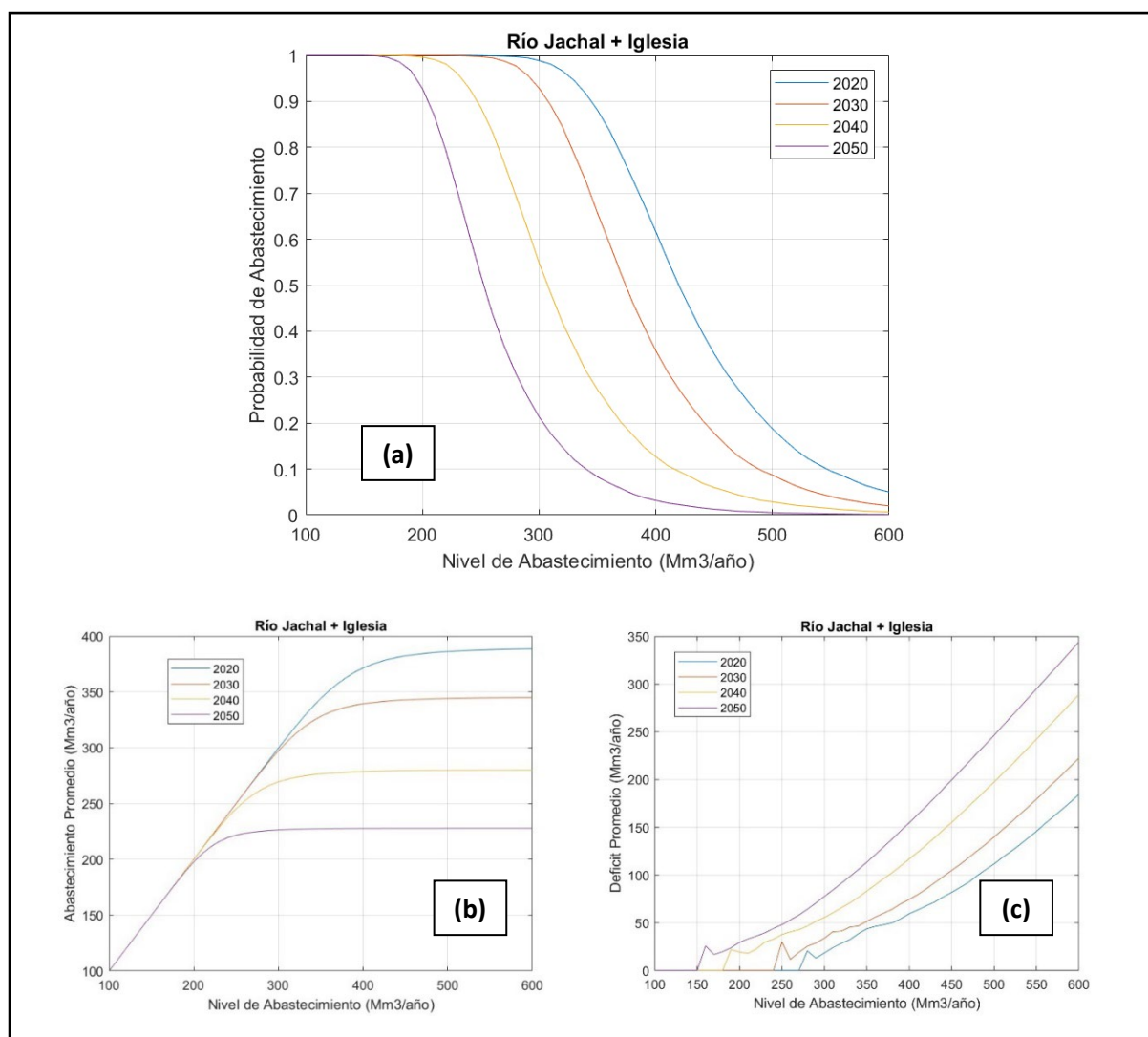


Figura 4-2: Río Jáchal-Iglesia variación de, (a) Probabilidad de Abastecimiento, (b) Abastecimiento Promedio y (c) Déficit Promedio, para distintos Niveles de Abastecimiento y Capacidad de Almacenamiento Fija (192 Mm³) para 2020, 2030, 2040 y 2050.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Tabla 4-2: Nivel de Abastecimiento, Abastecimiento Promedio y Déficit Promedio en la cuenca del Río Jáchal-Iglesia para Niveles de confiabilidad del 90 y 80% (2020, 2030, 2040 y 2050), 192 Mm³.

Nivel de Confiabilidad	90%				80%			
Década	2020²	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Nivel de Abastecimiento (Hm³)	340	310	250	200	370	330	260	220
Abastecimiento Promedio (Hm³)	336	305	245	198	357	318	252	211
Déficit Promedio (Hm³)	44	44	42	32	59	54	47	42

4.2. BALANCE RÍO SAN JUAN + CALINGASTA

Calingasta se ubica aguas arriba del Valle de Tulum, utilizando el agua superficial del "Río de Los Patos" , que junto con el Río Castaño forman el Río San Juan, por lo que consideramos a Calingasta y al Valle de Tulum como un solo sistema hidrológico.

Durante la elaboración del informe, identificamos un error en los cálculos presentados en el Informe 4.1, las siguientes tablas presentan los valores corregidos:

Tabla 4-3: Rio San Juan - Resumen de los déficits en la situación actual y Proyectados

Situación Actual y tendencial	2020	2030	2040	2050
Oferta Hídrica Sostenible 80% (Total)	1.350	1.210	990	810
Demanda Poblacional sin Cambio	192	206	222	238
Demanda Industrial	9,04	9,04	9,04	9,05
Demanda Minería	0,16	20,55	24,49	24,49
Oferta Hídrica Sostenible 80% (Descontando uso industrial, minero y poblacional)	1.149	974	735	538
Demanda Agrícola Bruta	1.681	1.765	1.782	1.798
Total, Hectáreas Cultivadas	73.134	73.134	73.134	73.134
Demanda neta media de los cultivos mm/año	977	1.026	1.036	1.046
Déficit Bruto	532	791	1.047	1.260
Déficit Neto	226	336	445	536
Déficit expresado en superficie cultivada (ha)	23.148	32.766	42.971	51.254
Superficie a cultivar con déficit cero (ha)	49.986	40.368	30.163	21.880

² el valor no representa el abastecimiento que fue realizado durante los últimos años, sino cual hubiera sido el nivel de abastecimiento constante sostenible.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

4.3 JÁCHAL + IGLESIA

La unidad hidrogeológica Jáchal e Iglesia está centrada en la presa Cuesta del Viento, para abastecer las demandas del departamento de Jáchal el agua se extrae desde el río homónimo aguas abajo de la presa.

El departamento Iglesia se ubica al oeste de la presa y recibe agua de arroyos que bajan de la sierra hasta la presa Cuesta de Viento, por lo tanto, el agua sobrante llega a la presa y se calcula como parte del agua disponible para Jáchal.

Tabla 4-4: Jáchal e Iglesia - Resumen de los déficits en la situación actual y Proyectados

Oferta y Demanda (Hm³)	2020	2030	2040	2050
Oferta Sostenible 80%	410	370	300	250
Demanda Poblacional	8	9	9	9
Demanda Industrial	0,05	0,05	0,05	0,05
Demanda Minería	2,37	28,68	31,17	31,17
Demanda Agrícola Bruta	193	197	198	199
Demanda Total	204	234	238	240
Oferta – Demanda (Hm³)	206	136	62	10

4.4 VALLE FÉRTIL

Tabla 4-5: Valle Fértil - Resumen de los déficits en la situación actual y Proyectados

Oferta y Demanda (Hm³)	2020	2030	2040	2050
Oferta Sostenible 80%	28	28	28	28
Demanda Poblacional	2	2	3	3
Demanda Industrial	0	0	0	0
Demanda Minería	0	0	0	0
Demanda Agrícola Bruta	9	10	10	10
Demanda Total	11	12	13	13
Oferta – Demanda (Hm³)	17	16	15	15

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

5. ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE LAS EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS.

Considerando que el potencial y la posibilidad de invertir en riego tecnificado está vinculado a la escala de la explotación agropecuaria y su rentabilidad, es necesario contar con información sobre el tamaño de las explotaciones y la cantidad de las mismas.

Se utiliza la base de datos de derechos y permisos de riego superficial activos, en adelante el “padrón” proporcionado por el Departamento Hidráulica (DH) para la identificación de las propiedades.

Los derechos totales de riego en San Juan, en todas las zonas (1ª, 2ª, 3ª) suman 166,573 Hectáreas.

Utilizando los datos recibidos de DH, podemos ordenar las propiedades según el tamaño del área y dividir las en grupos.

Dado que el área cultivada no coincide con el área con derechos de riego, podemos aplicar las relaciones al área cultivada y dividirla en grupos de acuerdo al tamaño.

Las siguientes tablas presentan la superficie total con derechos de riego dividida en dos categorías de tamaño:

Tabla 5-1: Categorías de tamaño

Categoría	N°1	N°2
A	$X < 1$	$X < 3$
B	$1 < X < 4$	$3 < X < 7$
C	$4 < X < 8$	$7 < X < 10$
D	$8 < X < 15$	$10 < X < 30$
E	$15 < X$	$30 < X$

Tabla 5-2: Superficie con derechos, dividida en categorías por tamaño (Categoría N°1)

CATEGORIA	VTUZ + CALINGASTA	JACHAL + IGLESIA	VALLE FERTIL	TOTAL, PROVINCIA
A	2.828	912	55	3.795
B	15.462	3.815	142	19.419
C	17.712	4.316	284	22.312
D	18.155	4.084	115	22.354
E	83.368	15.326	0	98.693
TOTAL	137.525	28.453	595	166.573

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Tabla 5-3: Superficie cultivada, dividida en categorías por tamaño (Categoría N°1)

CATEGORIA	VTUZ + CALINGASTA	JACHAL + IGLESIA	VALLE FERTIL	TOTAL, PROVINCIA
A	1.453	231	34	1.718
B	7.996	912	88	8.996
C	9.429	988	177	10.594
D	9.509	1.044	71	10.624
E	46.168	3.512	0	49.681
TOTAL	74.555	6.688	370	81.612

Tabla 5-4: Superficie con derechos, dividida en categorías por tamaño (Categoría N°2)

CATEGORIA	VTUZ + CALINGASTA	JACHAL + IGLESIA	VALLE FERTIL	TOTAL, PROVINCIA
A	13.378	3.574	165	17.117
B	19.350	4.405	286	24.040
C	10.206	2.564	144	12.914
D	32.709	7.671	0	40.381
E	61.882	10.239	0	72.121
TOTAL	137.525	28.453	595	166.573

Tabla 5-5: Superficie cultivada, dividida en categorías por tamaño (Categoría N°2)

CATEGORIA	VTUZ + CALINGASTA	JACHAL + IGLESIA	VALLE FERTIL	TOTAL, PROVINCIA
A	6.899	861	103	7.863
B	10.252	1.036	177	11.466
C	5.343	628	89	6.060
D	17.388	1.909	0	19.297
E	34.672	2.255	0	36.927
TOTAL	74.555	6.688	370	81.612

Esas dos categorías son solo ejemplos, podemos definir cualquier categoría según las necesidades.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

6. EVALUACIÓN DE COSTOS PARA OBRAS DE MEJORAS

La evaluación de costos es un paso clave para mejorar y actualizar la infraestructura en proyectos hídricos que afectan la gestión del agua. Esta sección presenta estimaciones de costos asociados a diversas obras y mejoras planificadas para optimizar la eficiencia y funcionalidad del sistema de agua en la provincia de San Juan.

Estos costos incluyen las obras necesarias para alcanzar los objetivos del Plan Hídrico, como la construcción y mejoramiento de conducciones, impermeabilización de canales, instalación de tuberías, construcción de embalses y la implementación de sistemas tecnificados de riego, como el riego por goteo.

En este apartado se presentan los costos unitarios para cada tipo de obra, discriminando entre obras de conducción, tanto a nivel secundario como terciario y costos de mejora en riego intraparcularia y mejora en los sistemas de gestión.

6.1 INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN.

El objetivo de este apartado es la evaluación de los costos de implementar un sistema de gestión de la distribución de agua que pueda ser aplicado tanto por el Departamento de Hidráulica como por las comunidades de regantes de la provincia de San Juan. Para la estimación de los costos, se tomará como referencia la experiencia y los datos del Plan Hídrico de la provincia de Mendoza, dada la similitud entre ambos sistemas hídricos.

IMPORTANCIA DE LA GESTIÓN EFICIENTE DEL AGUA

En el uso eficiente del agua, no solo es crucial la inversión en infraestructura, sino también la mejora de los procesos de gestión de la distribución. Esto permite contabilizar el agua asignada y entregada a cada usuario, evaluando de manera continua la eficiencia en la distribución y posibilitando mecanismos de mejora.

COSTOS ASOCIADOS A LA IMPLEMENTACIÓN

La implementación de un sistema de gestión de la entrega del agua en las comunidades de usuarios no solo mejora los canales de comunicación, sino que también permite gestionar el padrón de usuarios del sistema y su ubicación en la red de riego. La estimación incluye:

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

- Programación de las entregas de agua o turnos: Respetando las demandas de los distintos cultivos de la zona.
- Integración de reservorios a la red de riego.
- Contabilización del agua entregada a cada usuario.
- Asistencia técnica y capacitación a los operadores del sistema.

ESTRUCTURA DE COSTOS

Los costos asociados se consideran por padrón de riego. Estos costos pueden variar en función del tamaño y nivel de información disponible en cada zona de riego. La estructura de costos es la siguiente:

Asistencia técnica externa para implementación: Incluye la contratación de consultores y especialistas en sistemas de gestión de agua.

Mantenimiento anual del software: Costos recurrentes para asegurar el funcionamiento continuo del sistema.

Contraparte del Departamento de Hidráulica: Profesionales en el territorio que colaboren con la implementación y operación del sistema.

Mantenimiento de Servidores Externos: Para asegurar la disponibilidad y seguridad de los datos del sistema.

RESUMEN DE COSTOS

Los mismos se presentan por padrón del sistema y luego se agregan por cuenca.

Tabla: Costo y componentes unitarios estimados de la implementación del sistema en US\$/padrón

Tabla 6-1: Estructura de costos estimados para la integración de los sistemas de gestión.

Componente	Costo Estimado (USD/padrón)
Asistencia técnica externa	2,30
Mantenimiento Anual del Software (costo anual)	1,70
Contraparte del Departamento de Hidráulica	2,13
Mantenimiento de servidores (costo anual)	1,60
Costo total de implementación (primer año)	4,43
Costo total de sostenimiento y mantenimiento (anual)	3,30

Este modelo de costos proporciona un punto de partida para la planificación y estimación de los costos del sistema de gestión de la distribución de agua en la provincia de San Juan. En las alternativas de inversión se considera que por década el sistema deberá ser revisado, es por

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

ello que los costos la implementación se repiten década tras década. Los valores por departamento se presentan a continuación:

Tabla 6-2: Costo estimado de implementación y mantenimiento en US\$ por departamento.

Departamento	Cantidad de Padrones	Costo Implementación	Mantenimiento del software por año	Mantenimiento del servidor por año	Costo Total Primer año	Costo Total anual. A partir del segundo año.
Zonda	321	1 422	546	514	2 481	1 059
Rivadavia	450	1 994	765	720	3 479	1 485
Chimbas	676	2 995	1 149	1 082	5 225	2 231
Santa Lucia	1 131	5 010	1 923	1 810	8 743	3 732
9 de Julio	724	3 207	1 231	1 158	5 597	2 389
Rawson	2 187	9 688	3 718	3 499	16 906	7 217
Pocito	3 177	14 074	5 401	5 083	24 558	10 484
Sarmiento	1 578	6 991	2 683	2 525	12 198	5 207
Albardon	1 749	7 748	2 973	2 798	13 520	5 772
Ullum	288	1 276	490	461	2 226	950
Angaco	1 363	6 038	2 317	2 181	10 536	4 498
San Martin	1 168	5 174	1 986	1 869	9 029	3 854
Caucete	1 465	6 490	2 491	2 344	11 324	4 835
25 de Mayo	968	4 288	1 646	1 549	7 483	3 194
Calingasta	1 232	5 458	2 094	1 971	9 523	4 066
Total	18 477	81 853	31 411	29 563	142 827	60 974

6.2 OBRAS DE CONDUCCIÓN

Se detallan los costos asociados a obras de impermeabilización y mejora en la conducción y distribución, tanto en canales abiertos de hormigón como en sistemas de tuberías a presión, considerando la integración de la red de conducción con reservorios que permitan la regulación de los volúmenes de entrega.

CANALIZACIONES ABIERTAS

Se consideran desarrolladas en canales de hormigón, siendo utilizadas tanto a nivel primario, secundario como terciario. La distinción entre cada nivel de la red se basa en su capacidad de conducción, si bien esta puede variar según las circunstancias específicas de cada caso.

A los fines de evaluar los costos de la construcción en función de la capacidad de conducción del canal y tomando como referencia parámetros medios tanto de pendiente y rugosidad de material.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Parámetros de cálculo hidráulico:

- Pendiente (%): 0,2
- Coeficiente de Manning: 0,015

La siguiente tabla presenta los componentes de la obra y el costo por tamaño de canal, según su caudal.

Tabla 6-3: Componentes de construcción del canal

Caudal	Limpieza y preparación de terreno	Excavación Canal	Relleno Lateral	Terraplén de Canal	Base de apoyo	Hormigón de Limpieza	Hormigón para Armar H-20 Canal	Acero ADN 420 para Hormigón Canal	Inspección de Obra	Estudio y Proyecto	Total US\$/m
0,05	2	5	3	0	0	8	13	13	1	3	48
0,1	3	9	5	0	0	8	20	13	2	5	65
0,15	5	16	7	0	0	8	27	13	3	7	85
0,7	9	16	8	3	0	8	50	16	3	7	120
2	15	33	17	16	0	11	72	24	4	11	203
4	22	56	29	28	11	12	87	29	6	16	297
7	32	79	38	37	13	16	137	45	9	23	428
15	41	110	45	44	19	22	177	58	12	30	557
30	39	159	0	148	12	22	127	58	11	29	604

Tabla 6-4: Resumen de los costos de materiales y construcción para canales de hormigón.

Tipo de red	Caudal		Costo
	l/s	m ³ /s	US\$/m
Terciaria	50	0,05	48
	150	0,15	65
	500	0,5	85
Secundaria	700	0,7	120
	2.000	2	203
Primaria	4.000	4	297
	7.000	7	428
	15.000	15	557
	30.000	30	604

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

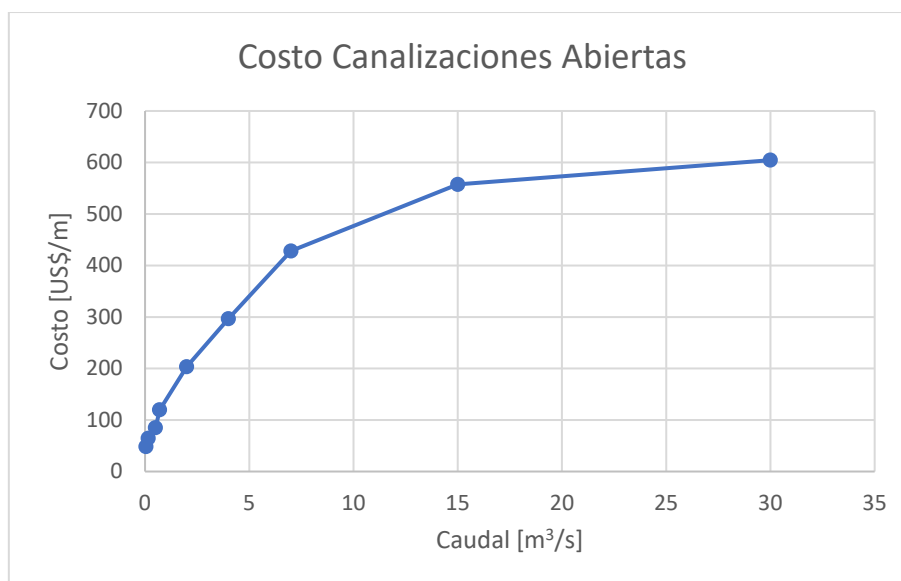


Figura 6-1: Costo Canalizaciones Abiertas

6.2.2 CANALIZACIONES CERRADAS (TUBERÍA)

Se consideran desarrolladas en tuberías de PVC agua y PRFV, siendo utilizadas tanto a nivel secundario como terciario. La distinción entre cada nivel de la red se basa en su capacidad de conducción, si bien esta puede variar según las circunstancias específicas de cada caso.

A los fines de evaluar los costos de la construcción en función de la capacidad de conducción de la tubería, se consideran los siguientes parámetros.

Parámetros de cálculo hidráulico:

- Pérdida de carga m/m: 0,002
- Coeficiente de Hazen - William: 150

Tabla 6-5: Resumen de los costos de materiales y construcción para tuberías de PVC y PRFV.

Tipo de red	Denominación	Diámetro (DN)	Caudal	Caudal	Costo
		Pulgadas	m³/h	l/s	[US\$/m]
Terciaria	Tubería PVC - DN 160 - K6	6"	36	10	US\$ 45,22
	Tubería PVC - DN 250 - K10	10"	72	20	US\$ 97,60
	Tubería PVC - DN 315 - K6	12"	180	50	US\$ 107,73
	Tubería PVC - DN 450 - K6	18"	540	150	US\$ 204,42
	Tubería PRFV - DN 600 - K6	24"	1080	300	US\$ 240,82
	Tubería PRFV - DN 700 - K6	28"	1800	500	US\$ 311,84
Secundaria	Tubería PRFV - DN 800 - K6	32"	2520	700	US\$ 367,44
	Tubería PRFV - DN 900 - K6	36"	3600	1000	US\$ 441,28
	Tubería PRFV - DN 1200 - K6	48"	7740	2150	US\$ 551,25

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

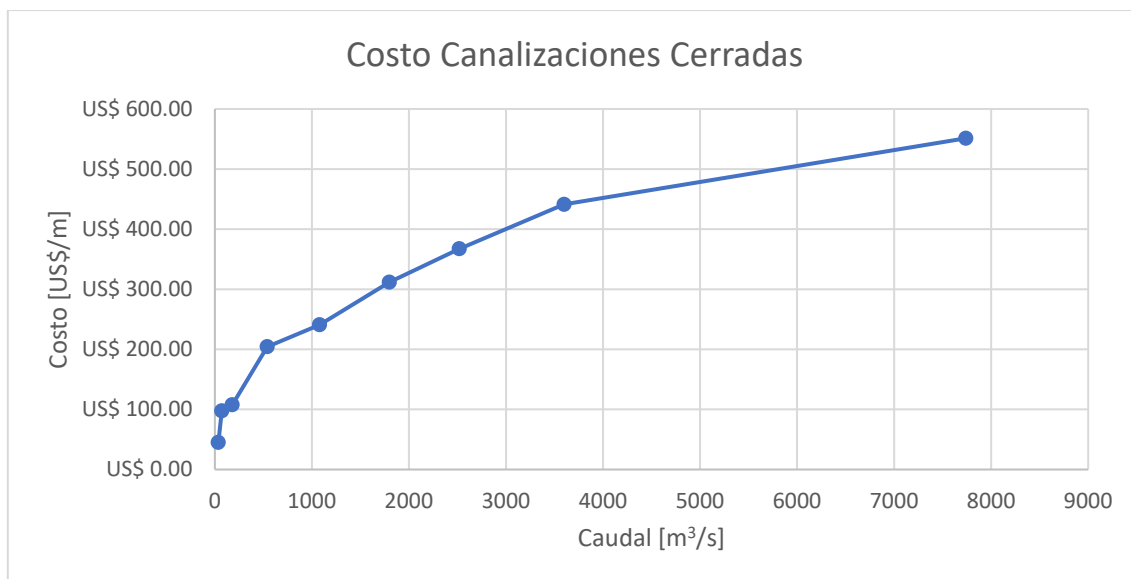


Figura 6-2: Costo Canalizaciones Cerradas y caudal

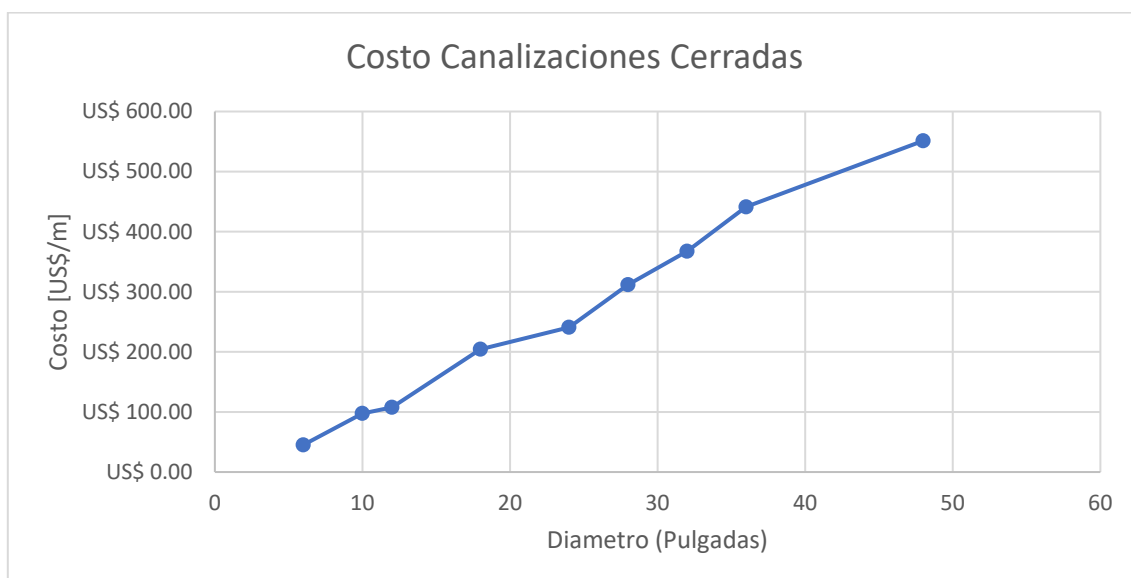


Figura 6-3: Costo Canalizaciones Cerradas por Diámetro

6.3 TECNIFICACIÓN DEL RIEGO

Las acciones para la tecnificación del riego se dividen en dos partes. En primer lugar, la adquisición de infraestructura moderna que reduzca los tiempos de respuesta de la red y las pérdidas internas, la adaptación de la frecuencia de los riegos al tipo de suelo y cultivo, y permita gestionar los volúmenes de agua de manera adecuada, entre otros aspectos. Por otro lado, es necesario adquirir herramientas, sistemas o procesos relacionados con el riego y la conducción del agua para mejorar y optimizar la infraestructura hídrica actual y la coordinación de las entregas de agua con la inspección de cauce.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

A continuación, se presenta una breve exposición sobre la tecnificación del riego intrafinca, utilizando el riego por goteo como referencia para la estimación de costos y la exposición de los escenarios prospectivos.

Existen una amplia gama de sistemas tecnificados para la aplicación del riego, donde la capacidad de inversión y adaptación juegan un papel fundamental. Desde sistemas de baja presión con métodos de aplicación superficial que optimizan la distribución interna y el manejo de los tiempos de riego, hasta sistemas más complejos que requieren una inversión considerable y permiten, a través del manejo de la frecuencia (normalmente elevada) y los volúmenes de riego (normalmente más bajos), lograr una alta eficiencia en el uso del agua.

Con el propósito de estimar el costo de inversión necesario para alcanzar una alta eficiencia en la aplicación del riego, se considera un sistema de riego por goteo como referencia, siendo este uno de los más difundidos en la zona, con una considerable capacidad de adaptación a los cultivos de San Juan. Es necesario aclarar que no todos los cultivos pueden ser regados con este sistema, siendo necesario un análisis específico para cada situación particular.

Los costos asociados a la implementación de un sistema de riego por goteo para cultivos de vid o frutales varían entre 3.000 y 3.500 dólares por hectárea, y pueden alcanzar los 5.000 dólares por hectárea si se incluye la construcción de reservorios. Estas cifras no incluyen la fuente de abastecimiento, como la perforación de pozos para agua subterránea, cuyos costos pueden variar según su tamaño. Además, dichos costos pueden aumentar si se opta por implementar sistemas de defensa contra heladas, considerando el tamaño del terreno y la calidad de los materiales.

Para los propósitos de este trabajo, se ha tomado como referencia un costo de 3.000 dólares por hectárea. En el caso de abastecimiento a través de fuentes superficiales como canales o arroyos, se debe tener en cuenta que la regulación de los volúmenes de entrega se realiza en la red de distribución, lo que implica la construcción de reservorios, mejoras en la red de distribución y la adopción de sistemas de gestión modernos.

ENERGÍA CONSUMIDA EN EQUIPOS DE RIEGO POR GOTEO

Para calcular el valor de la energía consumida por unidad de volumen de un equipo de riego por goteo, se parte de una explotación agrícola de referencia con una superficie de 18 hectáreas y una demanda hídrica anual de 1.110 mm. El sistema de riego se divide en 6

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

sectores de 3 hectáreas cada uno. Con una tasa de precipitación del equipo de 1 mm/hora (equivalente a 10 m³/ha hora) y una presión de trabajo de 35 metros de columna de agua. Durante el riego, se activan simultáneamente 3 sectores, generando un caudal total de 90 m³/h.

Para satisfacer la necesidad de agua de 8.980 m³ por hectárea a lo largo del año en las 18 hectáreas, se requieren 2.221 horas. La potencia necesaria para la bomba es de aproximadamente 24 KW (equivalentes a 32 CV). Como resultado, la energía consumida por la bomba se estima en alrededor de 2.939 KWh por hectárea. En términos de volumen de agua, esto equivale a 0,26 KWh/m³.

6.4 AGREGACIÓN DE COSTOS EN REDES

Para determinar los costos de mejora de la red, es crucial identificar la proporción de cada nivel de red, ya que esto afecta la estimación de los costos de mejora. Se estima que una gran parte de la red terciaria requerirá rectificación y unificación. A modo de referencia, se calcula que el 70% del total de cauces corresponde a la red terciaria, mientras que el 30% restante corresponde a la red secundaria de distribución.

6.5 COSTOS DE REFERENCIA PARA LA APLICACIÓN DE RIEGOS POR GOTEO COMUNITARIOS

A los fines de estimar los costos de implementar un sistema de riego por goteo comunitario, donde exista infraestructura capaz de recibir el agua desde los canales primarios y secundarios, realizar una regulación diaria, presurizarla, conducirla y entregarla a los usuarios en la cantidad y presión necesaria para implementar un riego tecnificado, tomando al riego por goteo de referencia.

El objetivo de esta mejora es la transición de los sistemas de riego por gravedad y mangas a un sistema de riego por goteo colectivo. Además, se contempla un escenario en el que los sistemas de riego por goteo individuales existentes se integren en un sistema de riego por goteo colectivo, lo cual incluye un reservorio de menor tamaño en la red de riego, sin requerir inversiones intraparcarias adicionales.

La Tabla N°1 presenta las inversiones necesarias para la transición de riego por gravedad y mangas a riego por goteo comunitario, incluyendo:

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

- **Red Presurizada:** Sistema de tuberías a presión para distribuir el agua.
- **Reservorio (80,000 m³):** Estructura de almacenamiento de agua para regular el suministro.
- **Telemetría, Automatización y Control:** Sistemas para monitorear y controlar la red de riego de manera remota.
- **Estación de Filtrado:** Infraestructura para asegurar las condiciones de calidad del agua en la red de distribución y la entrega.
- **Red Eléctrica:** Instalaciones eléctricas necesarias para operar el sistema de distribución.
- **Operación y Puesta a Punto.**
- **Estación de Presurización:** Infraestructura para mantener la presión y caudal del agua necesaria para el riego por goteo.
- **Costo de Estructuras de Derivación sobre Red Secundaria:** Inversiones en las conexiones a la red de distribución principal.
- **Inversión Intrafinca:** Costos de instalación de sistemas de riego dentro de las propiedades.

Tabla 2 detalla las inversiones para la transición de riego por goteo individual a riego por goteo comunitario, con elementos similares a la tabla anterior, pero con un reservorio de menor capacidad (40,000 m³) y sin la necesidad de inversión intraparcela, ya que esta infraestructura ya está implementada.

Tabla 6-6: Inversiones necesarias para pasar un riego por gravedad y mangas a un riego por goteo comunitario

Ítem	Precio por ha (USD/ha)
Red Presurizada	5 389
Reservorio (80,000 m ³)	720
Telemetría automatización y control	66
Estación de filtrado	159
Red eléctrica	60
Operación y puesta a punto	21
Estación de presurización	1 620
Costo de estructuras de derivación sobre Red Secundaria	254
Inversión Intrafinca	3 000
Total	11 289

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Tabla 6-7: Inversiones necesarias para pasar un riego por goteo individual a un riego por goteo comunitario

Ítem	Precio por ha (USD/ha)
Red Presurizada	5,389
Sistema de gestión	2
Telemetría automatización y control	66
Estación de filtrado	159
Red eléctrica	60
Operación y puesta a punto	21
Estación de presurización	1,620
Caudalímetros	354
Reservorio	529
Costo de estructuras de derivación	254
Total	8,454

6.5 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE INVERSIÓN – RED URBANA

La provincia de San Juan presenta una serie de desafíos en su red de distribución de agua potable, los cuales son similares a los enfrentados por la provincia de Mendoza. Ambos territorios comparten características climáticas, geográficas y demográficas que hacen pertinente la utilización de modelos y estimaciones desarrollados en Mendoza para un análisis preliminar en San Juan.

San Juan, al igual que Mendoza, enfrenta problemas significativos de pérdidas de agua en su red de distribución, lo que impacta la eficiencia del servicio y la disponibilidad del recurso. A pesar de que la mayor parte del agua potable en San Juan es gestionada por OSSE, la falta de medición detallada en la red y la ausencia de caudalímetros en los usuarios dificultan el cálculo exacto de las pérdidas, lo que subraya la necesidad de realizar estimaciones con base en datos comparables.

ESTIMACIÓN DE COSTOS BASADA EN EL PLAN DIRECTOR DE MENDOZA

Para establecer un marco de referencia en cuanto al nivel de inversión necesario para reducir las pérdidas en la red de agua potable de San Juan, se ha tomado como base el "Plan Director de Optimización y Expansión de la Provisión de Agua Potable en el Gran Mendoza". Este plan, que proyecta las necesidades de abastecimiento de agua en un horizonte de 45 años, establece un modelo para la reducción de pérdidas en la red mediante la inversión en infraestructura, como la construcción de acueductos; el aumento del área servida hacia áreas

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

donde el servicio lo proveen operadores que se abastecen de aguas subterráneas, la implementación de sistemas de telemedición y el aumento de las reservas de agua potable para minimizar el impacto de las tareas de mantenimiento en el servicio.

El plan contempla una serie de metas a cumplir a los largo de 35 años, donde el mayor aumento de la demanda, producto del crecimiento poblacional, sea absorbido por el aumento en la eficiencia de la red.

En el caso de Mendoza, el plan contempla una inversión total de 200 millones de dólares con el objetivo de disminuir las pérdidas desde el 48% actual a 35%. Eso representa un volumen de, aproximadamente, 57 hm³. El costo por unidad de volumen ascendería a los 3,4 millones de dólares por hectómetro cúbico (Hm³) de agua. Este parámetro de costos por unidad de volumen ha sido utilizado para estimar las alternativas planteadas en San Juan.

ADAPTACIÓN Y ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN

Es crucial remarcar que las cifras obtenidas a partir de este análisis son aproximaciones macro y corresponden a un Master Plan. La aplicabilidad de estos datos en San Juan debe ser evaluada cuidadosamente, teniendo en cuenta las particularidades locales y la necesidad de realizar estudios detallados que incluyan la recopilación de información de la red de distribución.

En el informe N° 3 evaluamos las pérdidas en el sistema de suministro urbano en un 27%. Sin mejoras en el sistema urbano, al 2050 la demanda poblacional en Valle Tulum, Ullum y Zonda alcanzará los 170 Hm³, y el suministro requerido será de 235 Hm³, con pérdidas de 63 Hm³.

Las inversiones requeridas en el sistema urbano para reducir las pérdidas del 27% al 12%, se realizaron basándose en el plan propuesto en Mendoza (Aysam).

Encontramos que disminuir las pérdidas en el sistema urbano requiere invertir 3,4 Millones de USD por cada 1 Hm³ de reducción.

La siguiente tabla presenta las inversiones requeridas:

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Tabla 6-8: Estimación del nivel de inversión en la red de distribución de agua potable.

Década	2020	2030	2040	2050
Demanda Poblacional (Hm ³)	138	148	159	171
Situación sin cambio	2020	2030	2040	2050
Suministro (Hm ³)	189	203	218	235
Pérdidas sin Cambio (%)	27%	27%	27%	27%
Pérdidas sin Cambio (Hm ³)	51	55	59	63
Situación con mejoras	2020	2030	2040	2050
Suministro (Hm ³)	189	190	192	195
Pérdidas sin Cambio (%)	27%	22%	17%	12%
Pérdidas sin Cambio (Hm ³)	51	42	33	23
Inversiones	2020	2030	2040	2050
Delta Pérdidas (Hm ³)	0	13	13	14
Costo de Inversión (Millón USD/Hm ³)	3,4	3,4	3,4	3,4
Inversión (Millón USD)	0	44	45	47
Total (Millón USD)	136			

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

7. ALTERNATIVAS PARA ELIMINAR EL DÉFICIT PROYECTADO.

7.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen las diferentes alternativas de inversión destinadas a mejorar la eficiencia del sistema hídrico, con el objetivo de reducir el déficit hídrico en relación con la oferta sostenible. En las cuencas de Valle Tulum, Ullum, Zonda y Calingasta (aguas arriba) requieren mejoras para disminuir el déficit proyectado, por lo tanto se plantean alternativas de inversión. Para las cuencas del Río Jáchal y Valle Fértil no se analizan alternativas de inversión, ya que no se proyecta déficit con los actuales usos. Esto no significa que puedan realizarse inversiones con el objetivo de aumentar la disponibilidad y seguridad hídrica para nuevos usos.

Cada alternativa de inversión se presenta desglosada en etapas, basadas en los costos estimados en el Capítulo 6, e incluye un análisis de los costos anuales de mantenimiento y consumo energético. Las etapas se dividen de la siguiente manera:

- Etapa A: Inversiones necesarias hasta 2030.
- Etapa B: Inversiones necesarias hasta 2040.
- Etapa C: Inversiones necesarias hasta 2050.

Para cada alternativa se detallan los costos anuales de retorno de capital, mantenimiento y consumo de energía, expresados tanto por unidad de volumen ($\$/m^3$) como por hectárea ($\$/ha$). Las tres alternativas principales consideradas son:

- Alternativa 1: Mejora en la eficiencia de conducción.
- Alternativa 2: Mejora en la eficiencia de aplicación.
- Alternativa 3: Mejora combinada en la eficiencia de conducción y aplicación.

En todas las alternativas se contemplan mejoras en la infraestructura de riego agrícola (conducción y aplicación). Adicionalmente, se analiza una subalternativa que se enfoca en la reducción de pérdidas en el sistema de abastecimiento urbano, disminuyendo las mismas del 27% al 12%.

Actualmente, no existe un uso regulado de aguas residuales tratadas para la agricultura en San Juan, por lo que también se evaluará el potencial de esta fuente. Se examinarán las inversiones necesarias para adaptar las instalaciones de tratamiento existentes al crecimiento poblacional previsto.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

7.2. CUENCA DEL RÍO SAN JUAN - CALINGASTA, TULUM VALLE, ULLUM Y ZONDA

La demanda actual en la cuenca del río San Juan es de 1.882 Hm³, mientras que la oferta sostenible se estima en 1.350 Hm³ (ver Capítulo 4 - RESUMEN DE LOS DÉFICITS EN LA SITUACIÓN ACTUAL).

La superficie cultivada en la cuenca abarca 73.130 hectáreas, con una demanda neta de 715 Hm³. En la situación actual, la demanda bruta asciende a 1.681 Hm³, considerando una eficiencia promedio de conducción del 66% y una eficiencia de aplicación del 60%.

En cuanto al suministro de agua para la población, se requiere un total de 192 Hm³, de los cuales 51 Hm³ se pierden debido a ineficiencias en el sistema (27% de pérdidas).

Se evaluaron dos subalternativas para mejorar el abastecimiento poblacional. La primera contempla mantener las pérdidas en un 27% del volumen total. La segunda opción propone reducir estas pérdidas al 12%, logrando una disminución del 15% hacia 2050. Se considera un 5% de disminución en el valor de pérdida por década.

Esta situación de mejora, si bien la demanda en términos absolutos crece este valor no es muy elevado. Prácticamente, el aumento en la demanda neta poblacional es absorbido por la disminución en el valor de las pérdidas.

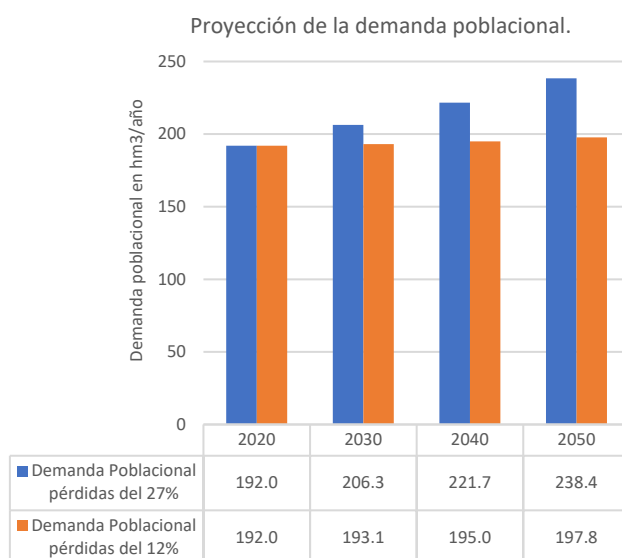


Figura 7-1: Proyección de la demanda poblacional. Situación tendencial y con mejoras

A continuación, se presentan las inversiones requeridas a nivel de distribución de agua potable:

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Tabla 7-1: Inversiones en el sistema Poblacional

Δ Pérdidas (%)	Década	Δ Pérdidas (Hm ³)	Inversiones Millón USD	Pagos Anuales Millón USD	Mantenimiento Millón USD	Costo anual Millón USD	Poblacional Hm ³	Costo adicional de agua USD/m ³
15%								
	2030	13	44	2,9	0,3	3,2	148	0.02
	2040	13	45	5,8	0,7	6,5	159	0.04
	2050	14	47	8,9	1,0	9,9	171	0.06
			136					

7.3. ALTERNATIVA 1 - MEJORA LA EFICIENCIA DE LA CONDUCCIÓN.

La alternativa que se evalúa en este apartado propone mejorar la eficiencia de conducción en la cuenca mediante el revestimiento de canales de tierra. El objetivo es alcanzar una eficiencia de conducción del 95% en toda la red.

De acuerdo con la información proporcionada por el Departamento de Hidráulica (DH), la longitud total de los canales en la cuenca es de 1.042 km. De estos, 834 km ya están revestidos.

La metodología empleada estima la longitud de los canales de tierra que deben ser revestidos para lograr la eficiencia de conducción deseada del 95% en toda la red. El balance hídrico producto de esta mejora se analiza bajo dos escenarios diferentes:

- Escenario 1.A: Mejora de la eficiencia de conducción, manteniendo la red poblacional en su estado actual, con un 27% de pérdidas.
- Escenario 1.B: Mejora de la eficiencia de conducción, combinada con una mejora en la red poblacional que reduce las pérdidas al 12%.

METODOLOGÍA

El análisis metodológico parte de una situación inicial en la cual la eficiencia de conducción del sistema de riego (que incluye las redes primaria, secundaria y terciaria) es del 66%. Dado que las proyecciones de disminución de la oferta sostenible se extienden a lo largo de 30 años, este periodo se toma como referencia para la ejecución de las inversiones necesarias. Dichas inversiones pueden distribuirse en diferentes periodos, según las condiciones particulares que se presenten.

El objetivo es mejorar la eficiencia de conducción desde el 66% inicial hasta alcanzar un 95% para el año 2050. proyectando un incremento anual del 9.7%, se estima que la eficiencia alcanzará el 76% hacia la década de 2030, un 85% para 2040, y finalmente el 95% en 2050.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Con estos valores de eficiencia de conducción como referencia, y manteniendo constante la eficiencia de aplicación, se han calculado los valores del balance hídrico y los montos de inversión, bajo dos escenarios de reducción de pérdidas en la distribución de agua para abastecimiento poblacional.

El costo de inversión por década se ha estimado considerando tanto los costos de inversión como los costos anuales asociados. La inversión incluye la construcción de canales de hormigón, se asume que el 70% de la red está conformada por canales con capacidades entre 50 l/s y 700 l/s, mientras que el 30% restante corresponde a canales con capacidades entre 2 m³/s y 7 m³/s. Basado en los costos desarrollados en el capítulo 6, se ha calculado un costo de 148 USD por metro de canal. Adicionalmente, el costo de cada caudalímetro se estima en 1400 USD, desglosado en 700 USD para el dispositivo de medición y 700 USD para los costos de transmisión. Se ha considerado un valor de contingencia del 20% sobre el costo total de inversión (canales revestidos y caudalímetros).

El costo anual se compone de los pagos asociados a la inversión, calculados con una tasa de interés del 5% anual, los costos de energía (cuando sea necesario para la conducción), y los costos de mantenimiento de la infraestructura.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

COSTOS DE INVERSIÓN ALTERNATIVA 1

La infraestructura necesaria, en términos de longitud de canal a revestir e instalación de caudalímetros a lo largo del periodo de estudio se presenta a continuación:

Tabla 7-2: Alternativa 1 -Instalaciones sugeridas

Instalaciones y accesorios				
Alternativa	Década	Riego por goteo	Canales a Revestir	Caudalímetros
1	----	Ha	Km	#
	2030	0	69	6159
	2040	0	69	6159
	2050	0	69	6159

Los valores de longitud de canal a revestir se estiman teniendo en cuenta la longitud necesaria para lograr los valores de eficiencia de conducción pretendida a lo largo del periodo hasta llegar al 95%.

Tabla 7-3: Alternativa 1 –Inversiones

Década	Longitud de canal km	Costos de impermeabilización	Contingencia	Costos de la inversión
	km	US\$	US\$	US\$
2030	69	10.212.000	2.042.400	12.254.400
2040	69	10.212.000	2.042.400	12.254.400
2050	69	10.212.000	2.042.400	12.254.400
Total	208	30.636.000	6.127.200	36.763.200

Tabla 7-4: Alternativa 1 –Costo Anual

Década	Costo inversiones	Pagos Anuales	Mantenimiento	Energía AS	Costo Anual Total	Costo Anual Total
	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$/ha
2030	12.254.400	797.166	91.908	13.932.334	889.074	203
2040	12.254.400	1.594.333	183.816	14.065.023	1.778.149	217
2050	12.254.400	2.391.499	275.724	14.197.712	2.667.223	231

BALANCE HÍDRICO ALTERNATIVA 1.A:

La alternativa 1.A considera que no se realizan mejoras en la red de distribución de agua poblacional, manteniendo las pérdidas en el orden del 27%.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Tabla 7-5: Alternativa 1.A -Balance Hídrico

ALTERNATIVA 1.A - MEJORANDO LA EFICIENCIA DE LA CONDUCCIÓN				
Mejora de la eficiencia de Conducción	2020	2030	2040	2050
Oferta Hídrica Sostenible 80% (Total)	1,350	1,210	990	810
Demanda Poblacional sin Cambio	192	206	222	238
Demanda Industrial	9.04	9.04	9.04	9.05
Demanda Minería	0.16	20.55	24.49	24.49
Oferta Hídrica Sostenible 80% (Descontando uso industrial, minero y poblacional)	1,149	974	735	538
Demanda Agrícola Bruta	1681	1564	1437	1323
Total, Hectáreas Cultivadas	73,134	73,134	73,134	73,134
Demanda neta media de los cultivos mm/año	977	1026	1036	1046
Déficit Bruto	532	590	702	785
Déficit Neto	226	283	370	454
Déficit expresado en superficie cultivada (ha)	23,148	27,577	35,733	43,394
Superficie a cultivar (ha)	49,986	45,557	37,401	29,740

A pesar de la mejora en la eficiencia de conducción, el déficit hídrico sigue aumentando de manera sostenida en el tiempo. El déficit crece de 532 Hm³ en 2020 a los 785 Hm³ en 2050. Esto genera que la superficie cultivable (satisfaciendo el 100% de la demanda bruta) pasa de las 50.000 ha en 2020 a las 29.740 ha en 2050.

BALANCE HÍDRICO ALTERNATIVA 1.B:

La alternativa 1.B considera que si se realizan mejoras en la red de distribución de agua poblacional, hasta llegar a pérdidas del 12% en 2050.

Tabla 7-6: Alternativa 1.B - Balance Hídrico

ALTERNATIVA 1.B - MEJORANDO LA EFICIENCIA DE LA CONDUCCIÓN + mejora en la red poblacional				
Mejora de la eficiencia de Conducción	2020	2030	2040	2050
Oferta Hídrica Sostenible 80% (Total)	1,350	1,210	990	810
Demanda Poblacional eficiente	192	206	222	238
Demanda Industrial	9.04	9.04	9.04	9.05
Demanda Minería	0.16	20.55	24.49	24.49
Oferta Hídrica Sostenible 80% (Descontando uso industrial, minero y poblacional)	1,149	987	761	579
Demanda Agrícola Bruta	1,681	1,564	1,437	1,323
Total, Hectáreas Cultivadas	73,134	73,134	73,134	73,134
Demanda neta media de los cultivos mm/año	977	1026	1036	1046
Déficit Bruto	532	576	675	744
Déficit Neto	226	277	356	430
Déficit expresado en superficie cultivada (ha)	23,148	26,958	34,374	41,147
Superficie a cultivar (ha)	49,986	46,176	38,760	31,987

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

En la Alternativa 1.B, se observa que, a pesar de las mejoras en la eficiencia de conducción y en la red de distribución poblacional, el déficit hídrico continúa aumentando de manera sostenida a lo largo del tiempo. El déficit se incrementa de los 532 Hm³ en 2020 a 744 Hm³ en 2050, lo que representa una leve mejora respecto a la Alternativa 1.A, donde el déficit alcanzaba los 785 Hm³ para 2050.

Sin embargo, esta reducción en el déficit no es suficiente para revertir la tendencia negativa en la disponibilidad hídrica. Como resultado, la superficie cultivable también disminuye considerablemente, pasando de 50.000 ha en 2020 a 32.000 ha en 2050.

7.4. ALTERNATIVA 2 – MEJORA DE LA EFICIENCIA DE LA APLICACIÓN.

En esta alternativa se evalúa la mejora en la eficiencia de aplicación del agua de riego. La misma es un factor clave que depende directamente del método de riego utilizado.

Por ejemplo, en un sistema de riego por inundación, la eficiencia promedio es del 50%, lo que significa que para satisfacer una demanda neta de 100 Hm³, la demanda bruta es de 200 Hm³, debido a que la mitad del agua no es aprovechada por los cultivos. En contraste, un sistema de riego por goteo alcanza una eficiencia del 85%, reduciendo la demanda bruta a 118 Hm³ para la misma demanda neta, lo que implica un ahorro de 78 Hm³ en comparación con el riego por inundación.

La transición a un sistema de riego por goteo comunitario requiere inversiones significativas tanto en infraestructura dentro de las propiedades como en la infraestructura de distribución y regulación, que incluye reservorios, tuberías, y sistemas de presurización. Estos elementos se tienen en cuenta a la hora de evaluar alternativa de mejora. Es por ello, que la implementación de un sistema colectivo de riego por goteo con entrega presurizada no solo eleva la eficiencia de aplicación, sino que también la eficiencia de conducción del sistema. La infraestructura de distribución secundaria se mantiene la existente, solo se consideran mejoras en la distribución terciaria, que pasaría a formar parte de sistemas colectivos de distribución de agua presurizada.

Se proponen dos escenarios distintos que abordan la mejora en la eficiencia de aplicación del agua, con y sin mejoras en la red de distribución de agua potable:

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

- Escenario 2.A: Mejora de la eficiencia de conducción, manteniendo la red poblacional en su estado actual, con un 27% de pérdidas.
- Escenario 2.B: Mejora de la eficiencia de conducción, combinada con una mejora en la red poblacional que reduce las pérdidas al 12%.

METODOLOGÍA

El análisis metodológico parte de una situación inicial en la cual la eficiencia de aplicación del agua de riego queda determinada por las siguientes situaciones:

- **Situación 1:** 37,824 ha con riego por gravedad, una eficiencia de aplicación del 50%
- **Situación 2:** 16,870 ha con riego por mangas (un sistema tecnificado de gravedad), una eficiencia de aplicación del 70%.
- **Situación 3:** 18,440 ha con riego por goteo, una eficiencia de aplicación del 85%.

El análisis considera una aplicación progresiva de sistemas de riego por goteo comunitarios, llegando al año 2050 con las 54.694 ha de cultivo bajo sistemas de riego por goteo y distribución a través de tuberías presurizadas. Se pretende que la eficiencia de aplicación sea del 71% hacia 2030, 78% en 2040 y del 85% al final del periodo de estudio, en 2050.

Esta mejora en la eficiencia de aplicación lleva asociado una mejora en la eficiencia de conducción, debido a que el sistema contempla tuberías como elementos de conducción. Para cada década se calcula la longitud de tuberías necesaria para la materialización del sistema.

Los costos de inversión se estiman por hectárea y consideran los valores expresados en el capítulo 6, apartado 6.5 "COSTOS DE REFERENCIA PARA LA APLICACIÓN DE RIEGOS POR GOTEO COMUNITARIOS". La misma incluye la red presurizada, reservorios, estación de filtrado, red eléctrica, estación de presurización, operación y puesta a punto, estructuras de derivación e inversiones Intrafinca (en la medida que sea necesario). Adicionalmente, el costo de cada caudalímetro se estima en 1400 USD, desglosado en 700 USD para el dispositivo de medición y 700 USD para los costos de transmisión. Se ha considerado un valor de contingencia del 20% sobre el costo total de inversión (canales revestidos y caudalímetros).

El costo anual se compone de los pagos asociados a la inversión, calculados con una tasa de interés del 5% anual, los costos de energía (cuando sea necesario para la conducción), y los costos de mantenimiento de la infraestructura.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

COSTOS DE INVERSIÓN ALTERNATIVA 2

Se presentan los costos de inversión para cada una de las subalternativas de la alternativa 2.

Tabla 7-7: Alternativa 2.A -Instalaciones sugeridas

Instalaciones y accesorios				
Alternativa	Década	Riego por goteo	Red Presurizada	Caudalímetros
2A	----	Ha	Ha	#
	2030	12.608	5.623	6.159
	2040	12.608	5.623	6.159
	2050	12.608	5.623	6.159

Tabla 7-8: Alternativa 2 –Inversiones

Década	Riego por goteo	Red Presurizada	Contingencia 20%	Costos de la inversión
	US\$	US\$	US\$	US\$
2030	142.337.656	48.051.383	38.077.808	228.466.848
2040	142.337.656	48.051.383	38.077.808	228.466.848
2050	142.337.656	48.051.383	38.077.808	228.466.848
Total	427.012.969	144.154.150	114.233.424	685.400.543

Tabla 7-9: Alternativa 2 –Costo Anual

Década	Costo inversiones	Pagos Anuales	Mantenimiento	Energía (AS + RPG)	Costo Anual Total	Costo Anual Total
	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$/ha
2030	228.466.848	14.862.096	1.713.501	13.932.334	30.507.931	417
2040	228.466.848	29.724.193	3.427.003	14.065.023	47.216.219	646
2050	228.466.848	44.586.289	5.140.504	14.197.712	63.924.505	874

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

BALANCE HÍDRICO ALTERNATIVA 2.A:

La alternativa 2.A considera que no se realizan mejoras en la red de distribución de agua poblacional, manteniendo las pérdidas en el orden del 27%.

Tabla 7-10: Alternativa 2.A -Balance Hídrico

ALTERNATIVA 2.A - MEJORANDO LA EFICIENCIA DE LA CONDUCCIÓN Y APLICACIÓN				
Mejora de la eficiencia de Conducción	2020	2030	2040	2050
Oferta Hídrica Sostenible 80% (Total)	1,350	1,210	990	810
Demanda Poblacional sin Cambio	192	206	222	238
Demanda Industrial	9.04	9.04	9.04	9.05
Demanda Minería	0.16	20.55	24.49	24.49
Oferta Hídrica Sostenible 80% (Descontando uso industrial, minero y poblacional)	1,149	974	735	538
Demanda Agrícola Bruta	1681	1391	1168	942
Total, Hectáreas Cultivadas	73,134	73,134	73,134	73,134
Demanda neta media de los cultivos mm/año	977	1026	1036	1046
Déficit Bruto	532	417	433	404
Déficit Neto	226	225	281	328
Déficit expresado en superficie cultivada (ha)	23,148	21,929	27,121	31,345
Superficie a cultivar (ha)	49,986	51,205	46,013	41,789

En la Alternativa 2.A, se introducen mejoras tanto en la eficiencia de conducción como en la eficiencia de aplicación del agua en el sistema de riego. A lo largo del tiempo, estas mejoras se traducen en una reducción del déficit hídrico. El mismo, comienza en 532 Hm³ en 2020, disminuye a 404 Hm³ en 2050.

El aumento en la eficiencia de conducción se proyecta desde un 66% en 2020 hasta un 94% en 2050, lo cual contribuye a reducir las pérdidas en la conducción del agua a lo largo del sistema. Sin embargo, el mayor impacto proviene del incremento en la eficiencia de riego, que pasa de un 64% en 2020 a un 85% en 2050.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

BALANCE HÍDRICO ALTERNATIVA 2.B:

La alternativa 2.B considera que, si se realizan mejoras en la red de distribución de agua poblacional, hasta llegar a pérdidas del 12% en 2050.

Tabla 7-11: Alternativa 2.B -Balance Hídrico

ALTERNATIVA 2.B - EJORANDO LA EFICIENCIA DE LA CONDUCCIÓN Y APLICACIÓN + mejora en la red poblacional				
Mejora de la eficiencia de Conducción	2020	2030	2040	2050
Oferta Hídrica Sostenible 80% (Total)	1,350	1,210	990	810
Demanda Poblacional sin Cambio	192	206	222	238
Demanda Industrial	9.04	9.04	9.04	9.05
Demanda Minería	0.16	20.55	24.49	24.49
Oferta Hídrica Sostenible 80% (Descontando uso industrial, minero y poblacional)	1,149	987	761	579
Demanda Agrícola Bruta	1,681	1,391	1,168	942
Total, Hectáreas Cultivadas	73,134	73,134	73,134	73,134
Demanda neta media de los cultivos mm/año	977	1026	1036	1046
Déficit Bruto	532	404	406	363
Déficit Neto	226	218	264	295
Déficit expresado en superficie cultivada (ha)	23,148	21,234	25,448	28,188
Superficie a cultivar (ha)	49,986	51,900	47,686	44,946

En la Alternativa 2.B, se introducen mejoras tanto en la eficiencia de conducción, aplicación del agua en el sistema de riego y en la red de distribución de agua poblacional. Las mejoras generan una reducción del déficit hídrico. El mismo, comienza en 532 Hm³ en 2020, disminuye de manera acentuada hasta llegar a los 363 Hm³ en 2050. Este resultado muestra una mejora considerable en comparación con las anteriores alternativas.

En cuanto a la superficie cultivable, se observa una menor contracción que en la alternativa 2.B. La superficie cultivable pasa de 49.986 ha en 2020 a 44.946 ha en 2050, lo que indica una mayor preservación del área cultivable, considerando una satisfacción del 100% en la demanda.

7.5. ALTERNATIVA 3 – MEJORA DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN Y APLICACIÓN.

La Alternativa 3 se basa en integrar las mejoras propuestas en las alternativas 1 y 2, buscando maximizar la eficiencia del sistema hídrico a través de una combinación de inversiones. Esta alternativa contempla tanto el revestimiento de canales secundarios de tierra para alcanzar una eficiencia de conducción del 95% como la transición a un sistema de riego por goteo comunitario donde la distribución en red terciaria se realiza a través de tuberías presurizadas.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Esta alternativa evalúa dos escenarios en cuanto a la red de distribución de agua poblacional:

- Alternativa 3.A: Mejora de la eficiencia de conducción y aplicación, manteniendo la red poblacional en su estado actual con un 27% de pérdidas.
- Alternativa 3.B: Mejora de la eficiencia de conducción y aplicación, combinada con una mejora en la red poblacional que reduce las pérdidas al 12%.

Esta combinación permite abordar la pérdida de agua en la conducción, tanto en redes primaria, secundaria y terciaria, y la ineficiencia en la aplicación, optimizando al máximo el uso del recurso hídrico en la cuenca.

METODOLOGÍA

Al igual que para las anteriores alternativas se parte de una situación inicial donde la eficiencia de aplicación del agua de riego queda determinada por:

- **Situación 1:** 37,824 ha con riego por gravedad, una eficiencia de aplicación del 50%
- **Situación 2:** 16,870 ha con riego por mangas (un sistema tecnificado de gravedad), una eficiencia de aplicación del 70%.
- **Situación 3:** 18,440 ha con riego por goteo, una eficiencia de aplicación del 85%.

El análisis considera una aplicación progresiva de sistemas de riego por goteo comunitarios e impermeabilización de la red de riego que no se ve afectada directamente con el desarrollo de los sistemas presurizados comunitarios.

Los costos de inversión se estiman por hectárea y consideran los valores expresados en el capítulo 6, apartado 6.5 "COSTOS DE REFERENCIA PARA LA APLICACIÓN DE RIEGOS POR GOTEO COMUNITARIOS" y en lo referido a los costos de revestimiento de la red, se lleva a cabo un análisis similar al efectuado en la alternativa 1.

El costo anual se compone de los pagos asociados a la inversión, calculados con una tasa de interés del 5% anual, los costos de energía (cuando sea necesario para la conducción), y los costos de mantenimiento de la infraestructura.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

COSTOS DE INVERSIÓN ALTERNATIVA 3

Se presentan los costos de inversión para cada una de las subalternativas de la alternativa 3.

Tabla 7-12: Alternativa 3.A -Instalaciones sugeridas

		Instalaciones y accesorios			
Alternativa	Década	Canales a Revestir	Riego por goteo	Red Presurizada	Caudalímetros
3A	----	Km	Ha	Ha	#
	2030	69	12.608	5.623	6.159
	2040	69	12.608	5.623	6.159
	2050	69	12.608	5.623	6.159

Tabla 7-13: Alternativa 3.A –Inversiones

Década	Riego por goteo	Red Presurizada	Costos de impermeabilización	Contingencia 20%	Costos de la inversión
	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$
2030	142.337.656	48.051.383	10.212.000	40.120.208	240.721.247
2040	142.337.656	48.051.383	10.212.000	40.120.208	240.721.247
2050	142.337.656	48.051.383	10.212.000	40.120.208	240.721.247
Total	427.012.969	144.154.150	30.636.000	120.360.623	722.163.740

Tabla 7-14: Alternativa 3.A –Costo Anual

Década	Costo inversiones	Pagos Anuales	Mantenimiento	Energía (AS + RPG)	Costo Anual Total	Costo Anual Total
	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$/ha
2030	240.721.247	15.659.263	1.805.409	13.932.334	31.397.006	429
2040	240.721.247	31.318.525	3.610.819	14.065.023	48.994.367	670
2050	240.721.247	46.977.788	5.416.228	14.197.712	66.591.728	911

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

BALANCE HÍDRICO ALTERNATIVA 3.A:

La alternativa 3.A considera que no se realizan mejoras en la red de distribución de agua poblacional, manteniendo las pérdidas en el orden del 27%.

Tabla 7-15: Alternativa 3.A -Balance Hídrico

ALTERNATIVA 3.A - MEJORANDO LA EFICIENCIA DE LA CONDUCCIÓN Y APLICACIÓN				
Mejora de la eficiencia de Conducción	2020	2030	2040	2050
Oferta Hídrica Sostenible 80% (Total)	1,350	1,210	990	810
Demanda Poblacional sin Cambio	192	206	222	238
Demanda Industrial	9.04	9.04	9.04	9.05
Demanda Minería	0.16	20.55	24.49	24.49
Oferta Hídrica Sostenible 80% (Descontando uso industrial, minero y poblacional)	1,149	974	735	538
Demanda Agrícola Bruta	1681	1391	1168	934
Total, Hectáreas Cultivadas	73,134	73,134	73,134	73,134
Demanda neta media de los cultivos mm/año	977	1026	1036	1046
Déficit Bruto	532	417	433	396
Déficit Neto	226	225	281	324
Déficit expresado en superficie cultivada (ha)	23,148	21,929	27,121	31,015
Superficie a cultivar (ha)	49,986	51,205	46,013	42,119

En la Alternativa 3.A, se alcanza un valor de 81% de eficiencia global al final del periodo de análisis, introduciendo mejoras tanto en la eficiencia de conducción y aplicación del agua de manera complementaria. Al igual que las otras alternativas, el déficit estimado es de 532 Hm³ en 2020, disminuyendo de manera considerable hasta llegar a los 396 Hm³ en 2050. A.

La superficie cultivable pasa de 50.000 ha en 2020 a 42.000 ha en 2050.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

BALANCE HÍDRICO ALTERNATIVA 3.B:

La alternativa 3.B considera que si se realizan mejoras en la red de distribución de agua poblacional, hasta llegar a pérdidas del 12% en 2050.

Tabla 7-16: Alternativa 3.B -Balance Hídrico

ALTERNATIVA 3.B - EJORANDO LA EFICIENCIA DE LA CONDUCCIÓN Y APLICACIÓN + mejora en la red poblacional				
Mejora de la eficiencia de Conducción	2020	2030	2040	2050
Oferta Hídrica Sostenible 80% (Total)	1,350	1,210	990	810
Demanda Poblacional sin Cambio	192	206	222	238
Demanda Industrial	9.04	9.04	9.04	9.05
Demanda Minería	0.16	20.55	24.49	24.49
Oferta Hídrica Sostenible 80% (Descontando uso industrial, minero y poblacional)	1,149	987	761	579
Demanda Agrícola Bruta	1681	1391	1168	934
Total, Hectáreas Cultivadas	73,134	73,134	73,134	73,134
Demanda neta media de los cultivos mm/año	977	1026	1036	1046
Déficit Bruto	532	404	406	356
Déficit Neto	226	218	264	291
Déficit expresado en superficie cultivada (ha)	23,148	21,234	25,448	27,833
Superficie a cultivar (ha)	49,986	51,900	47,686	45,301

En la Alternativa 3.B, se alcanza un valor de 81% de eficiencia global al final del periodo de análisis, sumado al aumento en la eficiencia en el uso poblacional, se alcanza la máxima eficiencia que se analiza. El déficit, si bien disminuye de manera considerable, alcanzado valores de 356 hm³ en 2050, significa una reducción del 70% del déficit proyectado bajo un escenario tendencial (déficit del 1265 hm³ en 2050), la cuenca todavía sigue presentando niveles de déficit y escasez.

La superficie cultivable pasa de 50.000 ha en 2020 a 45.300 ha en 2050, siendo esta la alternativa que mayor cantidad de superficie permite abastecer con una satisfacción del 100% hacia el final del periodo de análisis.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

7.6. ALTERNATIVA C - UTILIZAR AGUA TRATADA PARA RIEGO

La Alternativa C, sugiere destinar las aguas residuales tratadas para riego de cultivos definidos con las limitaciones requeridas (podría funcionar según el modelo del ACRES en Mendoza). En este informe presentamos el potencial hídrico tratado en el balance, y en el informe N° 6 definiremos, en general, las inversiones requeridas y los tipos de cultivos permitidos para esa calidad de agua.

El potencial de agua tratada se evalúa en un 66% de la demanda neta potable, la siguiente tabla presenta por década la Oferta Urbana, la demanda neta y el volumen potencial de agua tratada.

Tabla 7-17: Volumen potencial de agua tratada (Hm³)

Década	2030	2040	2050
Suministro Poblacional (Hm ³)	192	206	222
Demanda Poblacional Neta (Hm ³)	151	162	174
Potencial de agua tratada (Hm ³)	100	108	116

Para calcular el número de hectáreas que se podrían regar con el agua tratada, hacemos las siguientes suposiciones:

- Nivel de tratamiento: secundario.
- Cultivos de regadío: olivo y vid.
- Eficiencia de conducción: 90%.
- Eficiencia de riego: 85%.
- Etc: Etc promedio (VID y Olivo)

En la siguiente tabla se muestra un análisis de la superficie potencial que se podría regar con la oferta de agua tratada.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Tabla 7-18: Hectáreas potenciales para riego con agua tratada (Ha)

Año	2030	2040	2050
Suministro Potencial de agua tratada (Hm ³)	100	108	116
Eficiencia de conducción (%)	90%	90%	90%
Potencial Bruto de agua tratada (Hm ³)	90	97	104
Eficiencia de riego (%)	85%	85%	85%
Potencial Neto de agua tratada (Hm ³)	77	83	89
VID y OLIVA Demanda media del cultivo (mm/ha)	1.160	1.168	1.176
Superficie cultivable (Ha)	6.620	7.065	7.547

7.7. RESUMEN DE ALTERNATIVAS

La evaluación de seis alternativas principales para la cuenca del río San Juan abarca una variedad de estrategias destinadas a mejorar la gestión y utilización del agua. Estas alternativas incluyen la instalación de sistemas de riego por goteo para optimizar la eficiencia de la aplicación del agua, el revestimiento de canales de tierra para mejorar el sistema de conducción del agua y la mejora de la eficiencia del sistema de suministro de agua urbano. Además, el análisis consideró el potencial de uso de agua tratada.

La siguiente tabla presenta un resumen de las alternativas mencionadas. Resulta que incluso para la alternativa 3 combinada con la consideración del uso de agua tratada, al año 2050, el déficit hídrico será igual a casi 20.000 hectáreas.

Tabla 7-19: Resumen de alternativas de inversión.

Alternativa	Inversión Agrícola	Costo Anual Promedio	Déficit (2050)
#	Millón USD	Millón USD	Hm ³
1A	36.76	15.84	785
1B			744
2A	685.40	47.22	404
2B			363
3A	722.16	48.99	396
3B			356

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

El análisis de las alternativas permite realizar un análisis comparativo entre las diferentes alternativas de los montos de inversión de cada una y las potenciales eficiencia en el uso del agua.

Alternativa 1.A: Se mejora la eficiencia de conducción, pero el déficit hídrico aumenta de 532 Hm³ en 2020 a 785 Hm³ en 2050. La superficie cultivable se reduce significativamente, de 50.000 ha en 2020 a 29.740 ha en 2050.

Alternativa 1.B: Con mejoras en la eficiencia de conducción y en la red poblacional, el déficit hídrico se reduce ligeramente respecto a la Alternativa 1.A, alcanzando 744 Hm³ en 2050, y la superficie cultivable se contrae a 32.000 ha.

Alternativa 2.A: Mejora tanto la eficiencia de conducción como la de aplicación del agua, reduciendo el déficit a 404 Hm³ en 2050. La superficie cultivable disminuye a 41.800 ha.

Alternativa 2.B: Introduce mejoras mas integrales, reduciendo el déficit a 363 Hm³ en 2050 y preservando 45.000 ha de superficie cultivable.

Alternativa 3.A: Mejora tanto la conducción como la aplicación de agua de riego, reduce el déficit a 396 Hm³, pero la superficie cultivable se mantiene en 42.000 ha.

Alternativa 3.B: Alcanzando la máxima eficiencia, el déficit hídrico se reduce a 356 Hm³ en 2050, preservando 45.300 ha, la mayor cantidad entre todas las alternativas.

Las alternativas que combinan mejoras en conducción, aplicación y red poblacional (especialmente 2.B y 3.B) son las más efectivas en reducir el déficit hídrico y preservar la superficie cultivable, aunque ninguna logra eliminar por completo el déficit, lo que sugiere la necesidad de medidas adicionales.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

8. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

8.1. CONCLUSIONES SOBRE LOS RESULTADOS

En esta sección, se resumen las conclusiones clave derivadas de los resultados presentados en el informe, así como las implicaciones que estos tienen. Para la elaboración de las alternativas a analizar, se toma como referencia la situación actual, que se basa en la superficie cultivada hasta el año 2020, como se acordó con la SAE. Esta elección se justifica debido a que la variable que más desafío presenta a la hora de estimarla para los escenarios prospectivos, es la superficie cultivada, ya que depende no sólo de la disponibilidad hídrica, sino también de una serie de factores que son externos al análisis presentado. El objetivo de este análisis es llevar a cabo una evaluación de sensibilidad del potencial de reducción del déficit en cada cuenca, en función del grado de inversión en infraestructura hídrica.

En el capítulo 7 se presentan las alternativas para eliminar el déficit proyectado, desarrollándolas en tres escenarios donde el déficit hídrico es presentado en unidades de volumen anual ($\text{hm}^3/\text{año}$) y también en cantidad de superficie cultivada que representa ese volumen. Esto permite no sólo visualizar la cantidad, sino que se presenta una línea de acción en cuanto al abordaje del mismo. La persistencia en los valores de déficit y superficie cultivada y la que efectivamente puede dotarse, bajo los diferentes escenarios prospectivos, da una idea del estrés hídrico al que está y estará sometida la cuenca a futuro, bajo las condiciones actuales y bajo condiciones de mejora de la eficiencia.

En la cuenca del río San Juan, el escenario tendencial pronostica un deterioro futuro de la cobertura de la demanda, donde el 60% de la superficie cultivada se verá afectada debido a la disminución de la oferta y el aumento en la demanda de agua. Mejorar la infraestructura hídrica y su gestión de manera generalizada reduce significativamente el déficit, promoviendo un manejo más sostenible de la cuenca. Las tres alternativas propuestas muestran una persistencia en el déficit de agua proyectado. Sin embargo, este disminuye en cada alternativa según el nivel de intervención proyectada. Todas las alternativas de intervención planteadas no son suficientes para eliminar el déficit relacionado con el mantenimiento de la superficie irrigada actualmente, siendo necesario buscar mecanismos de redistribución entre la superficie en condiciones de ser dotada, de forma de equipar los déficits. Para esto se debe tener en consideración aquellas que lo hacen forma exclusiva de agua subterránea, dado la

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

implicancia que se puede producir en los niveles de explotación del acuífero, a partir de la reducción de la recarga como consecuencia de las mejoras en la eficiencia de riego.

Para la cuenca del río Jachal y partiendo del Balance Hídrico prospectivo, se observa una clara tendencia a la disminución de la oferta sostenible de agua a lo largo del tiempo, pasando de 410 Hm³ en 2020 a solo 250 Hm³ en 2050. Por otro lado, las demandas de agua, tanto para la situación actual como para las proyecciones de crecimiento a futuro se encontrarían satisfechas. A pesar de que la oferta y demanda actuales están equilibradas, con una diferencia positiva de 206 Hm³ en 2020, este balance se reduce a solo 10 Hm³ en 2050. Este estrecho margen, hacia futuro, de la relación entre la oferta y demanda subraya la necesidad de optimizar el uso del agua para evitar déficits en el futuro. Una mejora adicional en la eficiencia del uso del agua es crucial para garantizar no solo la satisfacción de la demanda actual, sino también a futuro.

Tabla 8-1: Eficiencia del 50%. Expansión de área de cultivo.

Eficiencia del 50%	Vid [ha]	Olivo [ha]	Hortalizas [ha]	Otros [ha]
2030	4 220	3 731	6 875	3 775
2040	1 911	1 690	3 110	1 710
2050	306	271	498	274

Tabla 8-2: Eficiencia del 85%. Expansión de área de cultivo.

Eficiencia del 85%	Vid [ha]	Olivo [ha]	Hortalizas [ha]	Otros [ha]
2030	7 174	6 342	11 687	6 417
2040	3 248	2 872	5 287	2 907
2050	520	460	846	466

A modo de ejemplo, las tablas 8-1 y 8-2 visualizan el margen positivo (en términos de volumen disponible) que se genera entre la oferta y la demanda, a lo largo del periodo de estudio expresado como superficie de diferentes cultivos a abastecer.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

8.2. COMENTARIOS GENERALES

VOLÚMENES ASIGNADOS Y DÉFICIT PROYECTADO

Los escenarios descritos y desarrollados consideran un modelo de gestión que se basa en la entrega de agua según las demandas hídricas. Esto implica la necesidad de complementar la inversión en infraestructura con mecanismos administrativos que determinen la asignación del volumen a cada concesión, permitiendo luego distribuir el agua en función de las necesidades específicas de cada cultivo. Este enfoque busca minimizar las pérdidas de agua causadas por la falta de capacidad para decidir cuándo y cuánta agua se requiere en cada etapa del cultivo.

A partir de este concepto surge la idea de una "cuenta de agua", donde se informa a los usuarios el volumen asignado para su concesión durante todo el año, y se les otorga cierta flexibilidad para decidir cuándo necesitarán el agua dentro del ciclo de cultivo, siempre dentro de ciertas restricciones y acuerdos. Establecer estos mecanismos y la inversión en sistemas de gestión que faciliten su implementación es crucial para alcanzar las eficiencias previstas en las alternativas.

Sin embargo, existen situaciones prospectivas donde el déficit hídrico de la cuenca no se puede eliminar, incluso con mejoras generalizadas. En función de lo cual y atento a la existencia de asignación legales para uso, es que se sugiere buscar mecanismos de redistribución para equipar el déficit en la superficie irrigada.

EFICIENCIA DE USO DE AGUA Y EL ROL DEL DH.

Aunque en las alternativas se enfocan en aumentar la eficiencia de conducción mediante la inversión en infraestructura de canales y tuberías, es crucial complementar esta mejora con la modernización de las estructuras de distribución y medición. Aquí radica la importancia de evaluar la eficiencia de distribución como parte integral de la eficiencia global. En este informe, se aplica la metodología de los Balances Hídricos, donde la eficiencia de distribución se considera dentro de la eficiencia de conducción. Se recomienda desarrollar una metodología aplicable en todas las inspecciones de la provincia para evaluar y hacer un seguimiento continuo de la eficiencia de distribución a lo largo de la temporada, esto permitiría visualizar en que parte de la red se tienen las mayores pérdidas y también va a permitir evaluar la flexibilidad de los cuadros de turno para captar las necesidades de los usuarios.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Aunque la captación, adecuación y entrega del agua son responsabilidad del Departamento de Hidráulica, lo que ocurre dentro de las propiedades tiende a escapar al ámbito de trabajo de este organismo. Es aquí donde la administración pasa de ser meramente gestora de la infraestructura a ser un organismo que fomente e impulse el aumento en la eficiencia del riego. Esto se puede lograr mejorando la confiabilidad del servicio de entrega y manteniendo una comunicación fluida y transparente sobre las variables que afectan a la distribución en general y a los agricultores en particular.

En algunos lugares, los usuarios tienen una necesidad real de contar con un servicio de entrega preparado para la aplicación de un riego de alta frecuencia sin necesidad de un consumo propio de energía. Sin embargo, en otros lugares, el papel del DH debe ser más activo y proponer sistemas de distribución y entrega con la suficiente flexibilidad para que coexistan sistemas de riego de alta frecuencia con sistemas gravitacionales, pero de alta eficiencia.

ESCALABILIDAD DE LAS INVERSIONES

En el informe se presentan escenarios de máxima como una escalabilidad temporal al momento de su aplicación e inversión. Aunque se trabaja con un nivel de agregación que es la cuenca, lo cual es correcto ya que esta no sólo es una unidad hidrológica, sino también de gestión y toma de decisiones. En un proceso posterior de análisis y construcción de escenarios prospectivos, esta escalabilidad debe representar también los diferentes estadios en los que se encontrará la infraestructura durante su proceso de mejora a lo largo de 30 años, por ejemplo. Esto incluye la transición de un sistema programado de entrega (turnos), donde no se fija el volumen correspondiente a cada concesión y la infraestructura no posee el mantenimiento adecuado, normalmente está preparada para operar grandes caudales, a un sistema de entrega de agua a la demanda o bajo un sistema acordado que permita la implementación de sistemas de aplicación de alta frecuencia, como el riego por goteo o sistemas donde la conducción se realice a baja presión. Este escenario considera el manejo por cuenca, el desarrollo temporal de la cuenca y la aplicación de diversas tecnologías. Siendo la visión final lograr una entrega que facilite la implementación de riegos de alta eficiencia, de acuerdo con las preferencias del agricultor.

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

9. APÉNDICES

Apéndice No.1: CANALIZACIONES ABIERTAS (Q = 50 L/s)

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	2,03	2,03
Excavación Canal	m ³ /m	0,71	7,18	5,11
Relleno Lateral	m ³ /m	0,43	7,10	3,02
Terraplén de Canal	m ³ /m	0,00	13,95	0,00
Base de apoyo	m ³ /m	0,00	14,40	0,00
Hormigón de Limpieza	m ³ /m	0,08	101,35	7,80
Hormigón para Armar H-20 Canal	m ³ /m	0,13	104,97	13,31
Acero ADN 420 para Hormigón Canal	kg/m	6,16	2,03	12,51
Inspección de Obra	GL/m	1,00	1,44	1,44
Estudio y Proyecto	GL/m	1,00	3,03	3,03
Total (US\$/m)				48,26

Apéndice No.2: CANALIZACIONES ABIERTAS (Q = 100 L/s)

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	3,10	3,10
Excavación Canal	m ³ /m	1,28	7,18	9,16
Relleno Lateral	m ³ /m	0,67	7,10	4,72
Terraplén de Canal	m ³ /m	0,00	13,95	0,00
Base de apoyo	m ³ /m	0,00	14,40	0,00
Hormigón de Limpieza	m ³ /m	0,08	101,35	7,80
Hormigón para Armar H-20 Canal	m ³ /m	0,19	104,97	20,10
Acero ADN 420 para Hormigón Canal	kg/m	6,30	2,03	12,79
Inspección de Obra	GL/m	1,00	2,21	2,21
Estudio y Proyecto	GL/m	1,00	4,65	4,65
Total (US\$/m)				64,54

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Apéndice No.3: CANALIZACIONES ABIERTAS (Q = 150 L/s)

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	4,55	4,55
Excavación Canal	m ³ /m	2,20	7,18	15,79
Relleno Lateral	m ³ /m	0,95	7,10	6,71
Terraplén de Canal	m ³ /m	0,00	13,95	0,00
Base de apoyo	m ³ /m	0,00	14,40	0,00
Hormigón de Limpieza	m ³ /m	0,08	101,35	7,80
Hormigón para Armar H-20 Canal	m ³ /m	0,26	104,97	26,89
Acero ADN 420 para Hormigón Canal	kg/m	6,44	2,03	13,07
Inspección de Obra	GL/m	1,00	3,24	3,24
Estudio y Proyecto	GL/m	1,00	6,82	6,82
Total (US\$/m)				84,87

Apéndice No.4: CANALIZACIONES ABIERTAS (Q = 700 L/s)

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	9,13	9,13
Excavación Canal	m ³ /m	2,24	7,18	16,08
Relleno Lateral	m ³ /m	1,13	7,10	8,01
Terraplén de Canal	m ³ /m	0,23	13,95	3,21
Base de apoyo	m ³ /m	0,00	14,40	0,00
Hormigón de Limpieza	m ³ /m	0,08	101,35	7,80
Hormigón para Armar H-20 Canal	m ³ /m	0,32	156,96	49,73
Acero ADN 420 para Hormigón Canal	kg/m	8,08	2,03	16,41
Inspección de Obra	GL/m	1,00	2,61	2,61
Estudio y Proyecto	GL/m	1,00	6,65	6,65
Total (US\$/m)				119,62

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Apéndice No.5: CANALIZACIONES ABIERTAS ($Q = 2 \text{ m}^3/\text{s}$)

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	15,19	15,19
Excavación Canal	m ³ /m	4,54	7,18	32,59
Relleno Lateral	m ³ /m	2,35	7,10	16,72
Terraplén de Canal	m ³ /m	1,18	13,95	16,46
Base de apoyo	m ³ /m	0,00	14,40	0,00
Hormigón de Limpieza	m ³ /m	0,11	101,35	10,84
Hormigón para Armar H-20 Canal	m ³ /m	0,46	156,96	72,33
Acero ADN 420 para Hormigón Canal	kg/m	11,75	2,03	23,86
Inspección de Obra	GL/m	1,00	4,34	4,34
Estudio y Proyecto	GL/m	1,00	11,06	11,06
Total (US\$/m)				203,40

Apéndice No.6: CANALIZACIONES ABIERTAS ($Q = 4 \text{ m}^3/\text{s}$)

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	21,85	21,85
Excavación Canal	m ³ /m	7,87	7,18	56,50
Relleno Lateral	m ³ /m	4,05	7,10	28,75
Terraplén de Canal	m ³ /m	2,02	13,95	28,18
Base de apoyo	m ³ /m	0,73	14,40	10,54
Hormigón de Limpieza	m ³ /m	0,12	101,35	12,36
Hormigón para Armar H-20 Canal	m ³ /m	0,56	156,96	87,40
Acero ADN 420 para Hormigón Canal	kg/m	14,20	2,03	28,83
Inspección de Obra	GL/m	1,00	6,24	6,24
Estudio y Proyecto	GL/m	1,00	15,91	15,91
Total (US\$/m)				296,56

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Apéndice No.7: CANALIZACIONES ABIERTAS ($Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$)

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	31,79	31,79
Excavación Canal	m ³ /m	11,02	7,18	79,08
Relleno Lateral	m ³ /m	5,29	7,10	37,54
Terraplén de Canal	m ³ /m	2,64	13,95	36,82
Base de apoyo	m ³ /m	0,93	14,40	13,39
Hormigón de Limpieza	m ³ /m	0,16	101,35	15,71
Hormigón para Armar H-20 Canal	m ³ /m	0,87	156,96	136,56
Acero ADN 420 para Hormigón Canal	kg/m	22,19	2,03	45,05
Inspección de Obra	GL/m	1,00	9,08	9,08
Estudio y Proyecto	GL/m	1,00	23,16	23,16
Total (US\$/m)				428,19

Apéndice No.8: CANALIZACIONES ABIERTAS - RED PRIMARIA ($Q = 15 \text{ m}^3/\text{s}$)

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	41,28	41,28
Excavación Canal	m ³ /m	15,33	7,18	110,01
Relleno Lateral	m ³ /m	6,27	7,10	44,51
Terraplén de Canal	m ³ /m	3,13	13,95	43,66
Base de apoyo	m ³ /m	1,32	14,40	19,01
Hormigón de Limpieza	m ³ /m	0,22	101,35	22,30
Hormigón para Armar H-20 Canal	m ³ /m	1,13	156,96	176,59
Acero ADN 420 para Hormigón Canal	kg/m	28,69	2,03	58,25
Inspección de Obra	GL/m	1,00	11,79	11,79
Estudio y Proyecto	GL/m	1,00	30,07	30,07
Total (US\$/m)				557,45

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Apéndice No.9: CANALIZACIONES ABIERTAS (Q = 30 m³/s)

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	39,27	39,27
Excavación Canal	m ³ /m	22,11	7,18	158,69
Relleno Lateral	m ³ /m	0,00	7,10	0,00
Terraplén de Canal	m ³ /m	10,60	13,95	147,86
Base de apoyo	m ³ /m	0,80	14,40	11,55
Hormigón de Limpieza	m ³ /m	0,22	101,35	22,30
Hormigón para Armar H-20 Canal	m ³ /m	1,21	104,97	126,77
Acero ADN 420 para Hormigón Canal	kg/m	28,69	2,03	58,25
Inspección de Obra	GL/m	1,00	11,22	11,22
Estudio y Proyecto	GL/m	1,00	28,60	28,60
Total (US\$/m)				604,50

Apéndice No.10: COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 10 L/S

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	0,68	0,68
Excavación Tubería	m ³ /m	0,44	10,70	4,70
Arena de asiento	m ³ /m	0,09	20,86	1,85
Relleno de 1a etapa para tubería	m ³ /m	0,03	15,77	0,45
Relleno de 2a etapa para tubería	m ³ /m	0,42	12,21	5,13
Tubería PVC - DN 160 - K6	m/m	1,00	32,40	32,40
Total (US\$/m)				45,22

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Apéndice No.11: COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 20 L/S

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	2,02	2,02
Excavación Tubería	m ³ /m	0,67	10,70	7,21
Arena de asiento	m ³ /m	0,12	20,86	2,42
Relleno de 1a etapa para tubería	m ³ /m	0,09	15,77	1,45
Relleno de 2a etapa para tubería	m ³ /m	0,51	12,21	6,22
Tubería PVC - DN 250 - K6	m/m	1,00	78,28	78,28
Total (US\$/m)				97,60

Apéndice No.12: COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 50 L/S

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	2,11	2,11
Excavación Tubería	m ³ /m	0,91	10,70	9,74
Arena de asiento	m ³ /m	0,13	20,86	2,72
Relleno de 1a etapa para tubería	m ³ /m	0,15	15,77	2,33
Relleno de 2a etapa para tubería	m ³ /m	0,56	12,21	6,84
Tubería PVC - DN 315 - K6	m/m	1,00	84,00	84,00
Total (US\$/m)				107,73

Apéndice No.13: COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 150 L/S

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	4,01	4,01
Excavación Tubería	m ³ /m	1,31	10,70	13,99
Arena de asiento	m ³ /m	0,18	20,86	3,73
Relleno de 1a etapa para tubería	m ³ /m	0,25	15,77	3,90
Relleno de 2a etapa para tubería	m ³ /m	0,72	12,21	8,79
Tubería PVC - DN 450 - K6	m/m	1,00	170,00	170,00
Total (US\$/m)				204,42

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Apéndice No.14: COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 370 L/s

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	4,72	4,72
Excavación Tubería	m ³ /m	1,60	10,70	17,12
Arena de asiento	m ³ /m	0,20	20,86	4,17
Relleno de 1a etapa para tubería	m ³ /m	0,32	15,77	5,04
Relleno de 2a etapa para tubería	m ³ /m	0,80	12,21	9,77
Tubería PVC - DN 600 - K6	m/m	1,00	200,00	200,00
Total (US\$/m)				240,82

Apéndice No.15: COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 500 L/s

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	6,11	6,11
Excavación Tubería	m ³ /m	2,04	10,70	21,83
Arena de asiento	m ³ /m	0,25	20,86	5,22
Relleno de 1a etapa para tubería	m ³ /m	0,44	15,77	6,96
Relleno de 2a etapa para tubería	m ³ /m	0,96	12,21	11,72
Tubería PVC - DN 700 - K6	m/m	1,00	260,00	260,00
Total (US\$/m)				311,84

Apéndice No.16: COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE 700 L/s

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	3,64	3,64
Excavación Tubería	m ³ /m	2,10	10,70	22,51
Arena de asiento	m ³ /m	0,28	20,86	5,86
Relleno de 1a etapa para tubería	m ³ /m	0,48	15,77	7,52
Relleno de 2a etapa para tubería	m ³ /m	1,06	12,21	12,94
Tubería PVC - DN 800 - K6	m/m	1,00	314,97	314,97
Total (US\$/m)				367,44

Informe 5 - Propuesta de Medidas para Distintas Situaciones Futuras

Apéndice No.17: COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN TUBERÍA DE 1000 L/S

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	8,65	8,65
Excavación Tubería	m ³ /m	2,36	10,70	25,29
Arena de asiento	m ³ /m	0,31	20,86	6,49
Relleno de 1a etapa para tubería	m ³ /m	0,55	15,77	8,62
Relleno de 2a etapa para tubería	m ³ /m	1,16	12,21	14,16
Tubería PVC - DN 900 - K6	m/m	1,00	378,07	378,07
Total (US\$/m)				441,28

Apéndice No.18: COSTOS UNITARIOS DE COLOCACIÓN TUBERÍA DE 2150 L/S

Ítem	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (US\$/m)	Subtotal (US\$/m)
Limpieza y preparación de terreno	Gl/m	1,00	10,81	10,81
Excavación Tubería	m ³ /m	3,14	10,70	33,64
Arena de asiento	m ³ /m	0,40	20,86	8,36
Relleno de 1a etapa para tubería	m ³ /m	0,76	15,77	11,93
Relleno de 2a etapa para tubería	m ³ /m	1,46	12,21	17,82
Tubería PVC - DN 1200 - K6	m/m	1,00	468,69	468,69
Total (US\$/m)				551,25